



SKRIPSI – ME 141501

**ANALISA PENGARUH SUDUT DAN TEBAL KISI
PENGAMAN TERHADAP PERFORMA *BOW THRUSTER*
MENGUNAKAN METODE CFD**

Uswatul Chasanah
NRP 4212 100 051

Dosen Pembimbing

Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD.
Irfan Syarif Arief, ST. MT.

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**



FINAL PROJECT – ME 141501

ANALYSIS EFFECT OF ANGLE AND THICKNESS OF GRATING TO PERFORMANCE OF BOW THRUSTER USING CFD METHOD

Uswatul Chasanah
NRP. 4212 100 051

Advisor :
Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD.
Irfan Syarif Arief, ST., MT.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PENGARUH SUDUT DAN TEBAL KISI
PENGAMAN TERHADAP PERFORMA BOW THRUSTER
MENGGUNAKAN METODE CFD

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik


Pada Bidang Studi *Marine Manufacture and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

USWATUL CHASANAH
NRP : 4212 100 051

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD.
NIP. 1959 0410 1987 01 1001
2. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
NIP. 1969 1225 1997 02 1001

()

()

SURABAYA
JULI 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PENGARUH SUDUT DAN TEBAL KISI
PENGAMAN TERHADAP PERFORMA *BOW THRUSTER*
MENGGUNAKAN METODE CFD

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Pada Bidang Studi *Marine Manufacture and Design (MMD)*
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

USWATUL CHASANAH
NRP : 4212 100 051

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :




Dr. Eng. M Badruz Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PENGARUH SUDUT DAN TEBAL KISI PENGAMAN TERHADAP PERFORMA *BOW THRUSTER* MENGUNAKAN METODE CFD

Nama Mahasiswa : Uswatul Chasanah
NRP : 4212100051
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD.
Dosen Pembimbing 2 : Irfan Syarif Arief, ST, MT.

ABSTRAK

Penambahan *bow thruster* pada kapal sekarang telah banyak dilakukan. Namun, dengan dilubanginya lambung kapal maka diperlukan penambahan kisi pengaman pada setiap ujung tunnel dari *bow thruster*. Hal ini dikarenakan dengan penambahan *bow thruster* yang mana diameter dari tabung dan lambung yang terbuka akibat tunnel dari *bow thruster* serta efisiensi *thruster* yang tinggi akan menambah tahanan kapal terutama saat kapal bergerak (*John, L. Beveridge, 1972*). Peletakkan kisi pengaman disarankan searah vertical terhadap aliran air yang melalui tunnel untuk mengurangi momentum bagian depan dan belakang dari *tunnel* yang diakibatkan aliran air yang melewatinya (*English, 1966*). Selain peletakkan secara vertical, peletakkan secara horizontal dari kisi pengaman juga bisa mengurangi *static merit coefficient C* dengan menambahkan jumlah batang dari kisi pengaman (*Taniguchi, 1966*).

Berdasarkan penelitian menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yaitu dengan variasi ketebalan dan banyaknya batang kisi pengaman, semakin tebal kisi pengaman dan semakin banyak kisi pengaman bisa menambah thrust dan torque yang dihasilkan *bow thruster*. Seperti thrust yang didapatkan untuk kisi sebanyak 4 batang adalah 13.049 kN dan torque 1.1820 kNm sementara kisi dengan jumlah 12 batang dengan tebal yang sama dapat menghasilkan thrust sebesar 13.085

kN dan *torque* sebesar 1.1853 kNm. Namun hal tersebut berbanding terbalik dengan apabila sudut kisi pengaman dirubah, semakin besar sudut kisi pengaman, maka thrust dan torque nya akan berkurang, jika dengan sudut 0^0 thrust yang dihasilkan oleh *bow thruster* sebesar 13.366 kN dan *torque* sebesar 1.2103 kNm. Sementara jika sudutnya ditambah menjadi 30^0 thrust yang dihasilkan bow thruster sebesar 13.164 kN dan torque sebesar 1.1922 kNm. Dan untuk tahanan kapal, semakin banyak jumlah batang maka semakin berkurang pula tahanan yang dihasilkan, namun penurunannya tidak terlalu signifikan.

Kata kunci: *Bow Thruster*, CFD, Kisi Pengaman, *Thrust*, *Torque*

ANALYSIS EFFECT OF ANGLE AND THICKNESS OF GRATING TO PERFORMANCE OF BOW THRUSTER USING CFD METHOD

Name : Uswatul Chasanah
NRP : 4212100051
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD.
: Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

ABSTRACT

The addition of bow thruster on the vessel have now been carried out. However, with the hole in the hull will required to add of a grating on each end of the tunnel bow thruster. This is because with the addition of a bow thruster which the diameter of the tube and open gastric result of the bow thruster tunnel thruster and high efficiency will add to arrest the ship, especially when the ship moves (John, L. Beveridge, 1972). The placement of the suggested safety grating in the direction vertical to the flow of water through the tunnel to reduce the momentum of the front and rear of the tunnel caused the flow of water through it (English, 1966). In addition to laying vertically, horizontally laying of the security grating can also reduce static merit coefficient “C” by adding the number of stems of safety grating (Taniguchi, 1966).

Based on research using CFD (Computational Fluid Dynamics) with the thickness variation and the number of rods grating, grating grew thicker and more grating can add thrust and torque of bow thruster. As thrust obtained for the grid as much as 4 rods is 13.049 kN and torque 1.1820 kNm provisional grid with the number 12 sticks with the same thickness can produce a thrust of 13.085 kN and a torque of 1.1853 kNm. But it

was inversely proportional when the angle of grating was changed and grating angle was greater , then thrust and torque will be reduced, if the angle 0^0 thrust of the bow thruster was 13.366 kN and a torque was 1.2103 kNm. Meanwhile, if the angle was increased to 30^0 the thrust of bow thruster was 13 164 kN and a torque was 1.1922 kNm. And the resistance of ship, if the number and the thickness of grating increase, so the resistance was decrease, but the decrease was not significant.

Keywords: Bow Thruster, CFD, Grating, Thrust, Torque

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR GRAFIK	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
I. 1 Latar Belakang	1
I. 2 Rumusan Masalah	2
I. 3 Batasan Masalah	2
I. 4 Tujuan	2
I. 5 Manfaat	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II. 1 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	5
II. 2 Teori Penunjang	6
II. 2.1 Transverse Thruster.....	6
II. 2.2 Gaya Dorong (Thrust) pada Transverse Thruster...	7
II. 2.3 Perhitungan Pemilihan Bow Thruster	8
II. 2.4 Penggambaran Performa dari Propeller	11
II. 2.5 Unit Design	11
II. 2.6 Karakteristik Open Water.....	12
II. 2.7 Gaya Gesek (force drag) dan Gaya Angkat (force lift) 13	
II. 2.8 Koefisien Gaya Angkat (lift) dan Gaya Gesek (drag) 14	
II. 2.9 Thrust dan Torque Propeller	15
II. 2.10 Tahanan Kapal	16
II. 2.11 Dasar – Dasar CFD	17

BAB III.....	21
METODOLOGI PENELITIAN	21
III. 1 Umum	21
III. 2 Prosedur Pengerjaan.....	21
III.2.1 Identifikasi Perumusan Masalah21	
III.2.2 Studi Literatur	21
III.2.3 Pengambilan Data	22
III.2.4 Perhitungan Kebutuhan Thrust Bow Thruster untuk memutar Kapal	22
III.2.5 Penentuan Jumlah Batang, Sudut dan Tebal Kisi Pengaman	22
III.2.6 Penggambaran Model Bow Thruster dan Kapal ..	23
III.2.7 Validasi Hasil Simulasi	36
III.2.8 Perhitungan dan Analisa.....	36
III.2.9 Kesimpulan dan Saran.....	36
III. 3 Flow Chart.....	37
BAB IV	39
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	39
IV. 1 Umum	39
IV. 2 Ukuran Utama Kapal	39
IV. 3 Pemilihan Bow Thruster	39
IV. 4 Kisi Pengaman <i>Bow Thruster</i>	44
IV. 5 Variasi Data pada Kisi Pengaman.....	46
IV. 6 Data Hasil Simulasi CFD	47
IV. 7 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Banyaknya Jumlah Kisi Pengaman terhadap Performa <i>Bow Thruster</i>	48
IV. 8 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Sudut Kisi Pengaman terhadap Performa <i>Bow Thruster</i>	55
IV. 9 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Posisi Kisi Pengaman terhadap Performa <i>Bow Thruster</i>	60
IV. 10 Pengaruh Kisi Pengaman terhadap Tahana Kapal	62
BAB V	65
KESIMPULAN DAN SARAN	65
V.1. Kesimpulan	65
V.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	71
BIODATA PENULIS.....	85

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. <i>Transverse Propulsion Unit - General Arangement In Hull</i>	6
Gambar II.2. <i>Transverse Thuster</i> Berdasarkan Letaknya.....	7
Gambar II.3. Luas Area Kapal dan <i>Rotational Motion</i> yang Mempengaruhi Penentuan <i>Trnasverse Thruster Unit</i>	8
Gambar II.4. Grafik <i>Turning Rate</i>	9
Gambar II.5. Posisi <i>Tunnel</i> pada Lambung Kapal	10
Gambar II.6. Grafik untuk Mencari Nilai M_0	10
Gambar II.7. <i>Blade Element Theory</i>	15
Gambar II.8. Tahanan Kapal	17
Gambar III.1. Propeller dan Hub	24
Gambar III.2. Variasi sudut kisi pengaman.....	25
Gambar III.3. Penggambaran Model Kapal	25
Gambar III.4. Meshing Propeller dan Kisi Pengaman.....	26
Gambar III.5. Meshing Kapal.....	26
Gambar III.6. Pemberian Domain pada Propeller dan Kisi Pengaman	30
Gambar III.7. Pemberian Domain pada Kapal	33
Gambar III.8. CFD Post pada Simulasi Pengaruh Kisi Pengaman pada Performa Propeller	35
Gambar III.9. CFD Post pada Simulasi Tahanan Kapal.....	35
 Gambar IV.1. Posisi Tunnel pada Lambung Kapal.....	 41
Gambar IV.2. Propeller Jenis Kaplan.....	43
Gambar IV.3. Jenis Tunnel Standard dan Tunnel Modifikasi (Kanan-Kiri)	44
Gambar IV.4. Pengecatan Kisi Pengaman	45
Gambar IV.5. Variasi Jumlah Kisi Pengaman.....	51
Gambar IV.6. Variasi Sudut Batang Kisi Pengaman	55
Gambar IV.7. Variasi Sudut Kisi Pengaman	58
Gambar IV.8. Posisi Kisi Pengaman Terhadap <i>Bow Thruster</i> ...	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1. <i>Turning Rate</i>	40
Grafik IV.2. Untuk Menemukan Nilai M_0	41
Grafik IV.3. Perbandingan Jumlah Kisi Pengaman dengan <i>Thrust</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	54
Grafik IV.4. Perbandingan Jumlah Kisi Pengaman dengan <i>Torque</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	55
Grafik IV.5. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan <i>Thrust</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	57
Grafik IV.6. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan <i>Torque</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	57
Grafik IV.7. Perbandingan Sudut Kisi Pengaman dengan <i>Torque</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	59
Grafik IV.8. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan <i>Torque</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	59
Grafik IV.9. Perbandingan Posisi Kisi Pengaman dengan <i>Thrust</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	61
Grafik IV.10. Perbandingan Posisi Kisi Pengaman dengan <i>Torque</i> yang Dihasilkan <i>Bow Thruster</i>	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Variasi Tebal dan Jumlah Kisi Pengaman	47
Tabel IV.2 Hasil Simulasi Tanpa Kisi Pengaman	47
Tabel IV.3 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 10mm .	48
Tabel IV.4 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 20mm	48
Tabel IV.5 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 30mm	48
Tabel IV.6 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Tanpa Kisi Pengaman	52
Tabel IV.7 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman 10mm.....	52
Tabel IV.8 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman 20mm.....	53
Tabel IV.9 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman 30mm.....	53
Tabel IV.10 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman dengan Variasi Sudut Batang Kisi Pengaman	56
Tabel IV.11 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman dengan Variasi Sudut Kisi Pengaman	58
Tabel IV.12 Hasil Perhitungan <i>Thrust</i> dan <i>Torque</i> Kisi Pengaman dengan Variasi Posisi Kisi Pengaman	60
Tabel IV.13 Pengaruh Jumlah Kisi Pengaman terhadap Tahanan Kapal	63
Tabel IV.14 Pengaruh Sudut Kisi Pengaman terhadap Tahanan Kapal	63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Pada saat ini penggunaan *bow thruster* sangat mendominasi untuk kebutuhan *maneuvering propulsion device* (MPD) untuk kapal. Walaupun lambat dalam menggerakkan kapal, namun penggunaan *bow thruster* sangat membantu ketika kapal akan melakukan labuh pada sisi pelabuhan yang sempit dan tidak bisa diakses oleh tug boat. Selain itu dengan adanya *bow thruster* dapat menggantikan peran tugboat yang ada di pelabuhan sehingga bisa meminimalisir biaya pelabuhan kapal. Selain berguna dalam hal maneuvering, *bow thruster* juga sangat membantu menjaga posisi kapal ketika kapal melakukan lego jangkar.

Dengan manfaat yang besar, banyak kapal yang menambahkan *bow thruster* sebagai alat bantu *maneuvering* kapal mereka. Dengan penambahan tersebut maka lambung kapal harus dilubangi sebagai *tunnel* dan sekaligus sebagai pelatakan *bow thruster* didalamnya. Dalam peletakkannya, *bow thruster* diletakkan jauh ke depan (tidak melebihi station 0.10 L) namun masih berada di belakang sekat tubrukan untuk alasan *safety* dari *bow thruster* (John, L. Beveridge, 1972). Selain itu juga diperlukan penambahan kisi pengaman pada setiap ujung *tunnel* dari *bow thruster*. Hal ini dikarenakan dengan penambahan *bow thruster* yang mana diameter dari tabung dan lambung yang terbuka akibat *tunnel* dari *bow thruster* serta efisiensi *thruster* yang tinggi akan menambah tahanan kapal terutama saat kapal bergerak (John, L. Beveridge, 1972). Peletakkan kisi pengaman disarankan searah *vertical* terhadap aliran air yang melalui *tunnel* untuk mengurangi momentum bagian depan dan belakang dari *tunnel* yang diakibatkan aliran air yang melewatinya (English, 1966).

Selain peletakkan secara vertical, peletakkan secara horizontal dari kisi pengaman juga bisa mengurangi *static merit coefficient* C dengan menambahkan jumlah batang dari kisi pengaman (*Taniguchi, 1966*). Dari latar belakang inilah maka akan dilakukan percobaan untuk pengaruh variasi sudut dan kisi pengaman (*grids*) terhadap *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster* dan tahanan kapal.

I. 2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tebal, sudut dan banyaknya kisi pengaman terhadap performa *bow thruster*.
2. Bagaimana pengaruh tebal, sudut dan banyaknya kisi pengaman terhadap tahanan kapal.

I. 3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan – batasan masalah tersebut diantaranya adalah :

1. Percobaan dilakukan pada supply vessel 48 meter.
2. Perhitungan tahanan dilakukan pada kecepatan service kapal yaitu 12 knots.
3. *Tunnel* yang digunakan dalam simulasi berupa *standard tunnel*.

I. 4 Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh tebal, sudut dan banyaknya kisi pengaman terhadap performa *bow thruster*.

2. Mengetahui pengaruh tebal, sudut dan banyaknya kisi pengaman terhadap tahanan kapal.

I. 5 Manfaat

1. Mengetahui kisi pengaman yang tepat baik itu dari segi tebal, sudut dan banyaknya kisi pengaman terhadap performa *bow thruster* dan tahanan kapal.
2. Memberikan kontribusi agar dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Hasil Penelitian Sebelumnya

1. *Design and Performance of Bow Thruster* (1).

Pada paper ini penulis melakukan desain untuk bow thruster, yang mana lebih mengarah pada gaya hidrodinamik dan momen yang dihasilkan oleh bow thruster. Desain yang dimaksud adalah *general duct arrangement, duct shape, dan impeller design*. Tujuan dari melakukan desain tersebut adalah untuk mencari operasional yang minimum seperti *single bow thruster*, rata – rata waktu kapal berputar waktu melakukan maneuver menggunakan bow thruster pada keadaan kapal kecepatan nol, dan beberapa persyaratan operasional untuk thruster ketika kapal bergerak maju.

2. *Analysis of Thruster Effectivity for Dynamic Positioning and Low Speed Manoeuvring* (2).

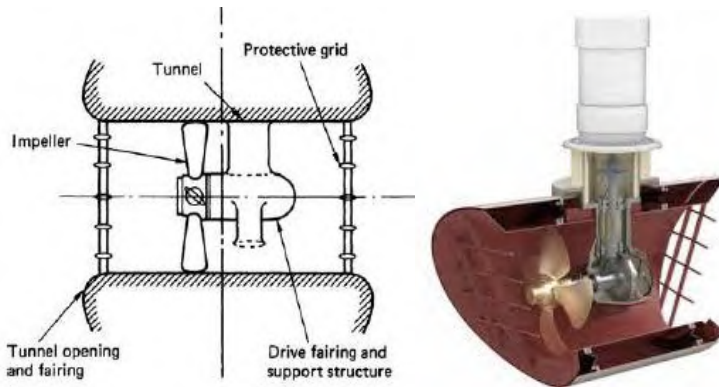
Pada penelitian ini banyak yang dilakukan percobaan terutama pada alat- alat maneuver kapal seperti propeller, kemudi, bow thruster dan stern thruster. Untuk bow thruster sendiri percobaan yang dilakukan adalah mencari keefektifan dari kerja bow thruster pada kapal kecepatan nol sampai low speed dengan cara memvariasikan bentuk atau diameter impeller, bentuk jalur masuk bow thruster sampai variasi sudut 0^0 sampai 90^0 dari grids bow thruster. Namun hasil yang didapat pengaruh dari bentuk lambung kapal di sekitar bow thruster banyak mempengaruhi keefektifan dari bow thruster. Selain itu ternyata grids dari bow thruster juga mempengaruhi keefektifan dari kerja bow thruster karena grids tersebut akan juga menentukan aliran yang akan masuk ke dalam tunnel dari bow thruster, dan

ternyata variasi sudut saja belum cukup untuk memaksimalkan pemasangan grids pada masukan ataupun keluaran dari aliran air yang akan masuk ke dalam tunnel dari bow thruster.

II. 2 Teori Penunjang

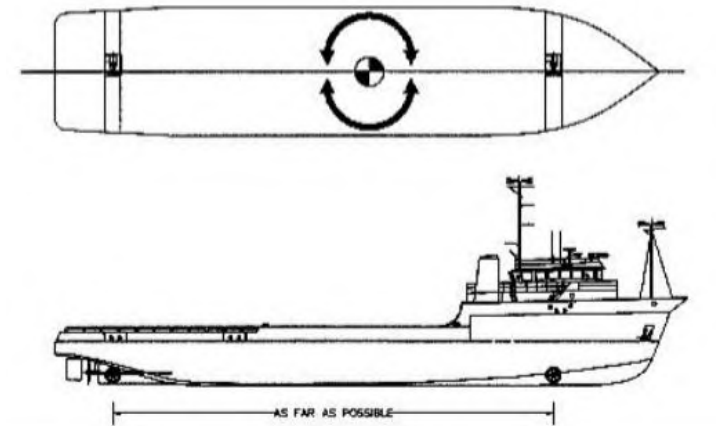
II. 2.1 *Transverse Thruster*

Transverse thruster merupakan system yang terdiri dari impeller yang terpasang pada sebuah *tunnel* (lorong) yang mana posisi *impeller* melintang terhadap posisi kapal dan berada di dalam lambung kapal. selain terdapat *impeller*, pada juga terdapat motor penggerak, *tunnel* (lorong) dalam posisi terbuka dan pada ujung – ujung lorong dilindungi oleh kisi-kisi pengaman. Komponen-komponen tersebut merupakan sebuah satu kesatuan yang menunjang kerja (3) .



Gambar II.1. *Transverse Propulsion Unit - General Arangement In Hull*

Transverse thruster dibedakan berdasarkan letaknya, jika berada di bagian depan kapal biasa disebut dengan *Bow Thruster*, sedangkan apabila berada di bagian belakang kapal biasa disebut dengan *Stern Thruster*.



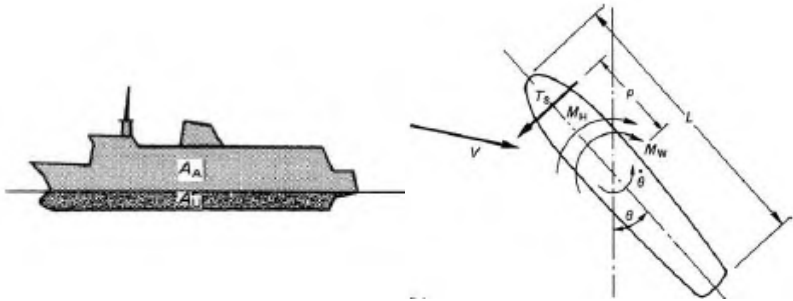
Gambar II.2. *Transverse Thruster* Berdasarkan Letaknya

II. 2.2 Gaya Dorong (Thrust) pada Transverse Thruster

Hal yang paling utama dalam mendesain adalah untuk memenuhi *thrust*. Terdapat dua prinsip utama dalam mendesain *transverse thruster*, yang pertama adalah untuk menentukan *thrust* dari *transverse thruster* diperlukan penyediaan kemampuan *maneuvering* yang lebih efektif. Dan yang kedua adalah dalam mendesain *transverse thruster* harus memenuhi persyaratan geometri agar *thrust* yang diharapkan dapat tercapai.

Terdapat dua pendekatan untuk mengetahui besar dari *transverse propulsion unit*. Namun, dalam dua pendekatan tersebut dapat dilakukan untuk mengetahui kebutuhan *transver thrster unit* ketika kapal dalam keadaan statis atau diam. Pendekatan yang pertama adalah dengan perhitungan ataupun pemodelan (*model test*). Sedangkan pendekatan yang kedua adalah penggabungan antara perhitungan dan pemodelan untuk menghitung atau mengetahui tahanan dari lambung kapal dan rotational motion dari kapal. Dalam penentuan *transverse thruster unit* tidak hanya mempertimbangkan tahanan pada lambung kapal yang

tercelup air, namun juga tahanan angin yang ditimbulkan oleh lambung ataupun bagian kapal lain yang tidak tercelup air (4).



Gambar II.3. Luas Area Kapal dan Rotational Motion yang Mempengaruhi Penentuan Transverse Thruster Unit.

II. 2.3 Perhitungan Pemilihan Bow Thruster

Untuk kapal yang nantinya akan diberi tambahan *bow thruster* sebagai alat manuver kapal, maka tahapan – tahapan di bawah ini perlu diperhatikan. Sebelumnya berikut merupakan rumus dari *thrust bow thruster* yang diperlukan untuk memutar kapal (1).

$$T = \frac{\omega_0^2 L^3 H}{M_0^2} \quad (1)$$

Di mana:

T = *thrust bow thruster* (N)

ω_0 = *turning rate (degrees/second)* membaca grafik

L = panjang kapal (m)

H = tinggi kapal (m)

M_0 = nilainya didapatkan dari grafik

Adapun tahapan – tahapan untuk mendapatkan nilai-nilai di atas adalah:

1. Hal pertama yang dilakukan adalah perhitungan *displacement* kapal sesuai data kapal yang telah ada (5).

$$\Delta = L \times B \times T \times C_b \times \rho \text{ (ton)} \quad (2)$$

Di mana:

L = Panjang Kapal (m)

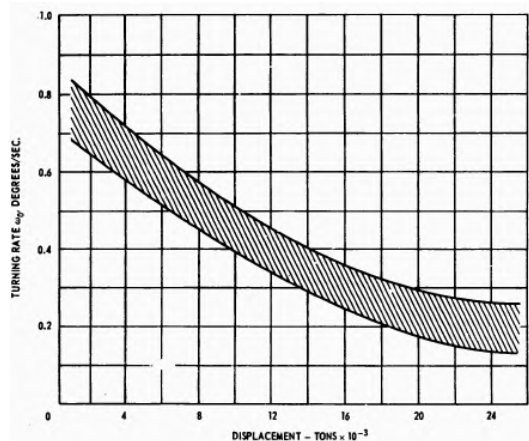
B = Lebar Kapal (m)

T = sarat penuh kapal (m)

C_b = koefisien blok kapal

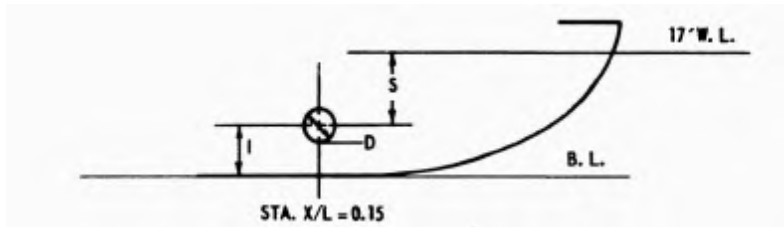
ρ = massa jenis air laut (1.025 ton/m^3)

2. Setelah perhitungan *displacement* kapal sudah dilakukan hal berikutnya adalah pembacaan grafik *turning rate* berdasarkan *displacement* kapal yang telah didapatkan (1).



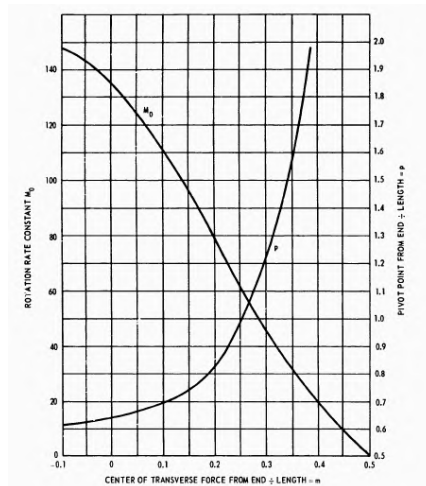
Gambar II.4. Grafik *Turning Rate*

3. Langkah selanjutnya adalah mengasumsikan posisi *tunnel bow thruster* pada kapal, seperti gambar di bawah ini (1):



Gambar II.5. Posisi *Tunnel* pada Lambung Kapal

Asumsikan posisi *tunnel* adalah 0.5l, dan dasar celupan atau *bottom immersion* adalah $I = D$, dan posisikan *tunnel* sesuai dengan gambar di atas. Setelah didapatkan posisi *tunnel*, maka selanjutnya adalah pembacaan grafik untuk menemukan nilai M_0 . Berikut grafiknya (1):



Gambar II.6. Grafik untuk Mencari Nilai M_0

4. Setelah didapatkan nilai – nilai yang dibutuhkan, hal terakhir yang dilakukan adalah penghitungan *thrust* yang dibutuhkan *bow thruster* untuk memutar kapal:

$$T = \frac{\omega_0^2 L^3 H}{M_0^2}$$

II. 2.4 Penggambaran Performa dari Propeller

Dalam penggambaran performa dari propeller yang sering digunakan sebagai parameter adalah *static merit coefficient* (C) dan *Bendemann Static thrust factor* (ζ), kedua koefisien tersebut dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut (4):

$$C = \frac{0.00182T^{3/2}}{\text{SHP}\sqrt{(\rho\pi D^2/4)}} = \frac{K_T^{3/2}}{\pi^{3/2}K_Q}$$

$$\zeta = \frac{T}{P_s^{2/3}D^{2/3}(\rho\pi/2)^{1/3}} = \frac{K_T}{K_Q^{2/3}} \frac{1}{[\pi(2)^{1/3}]}$$
(3)

- T : *total lateral thrust*
 SHP : *shaft horsepower*
 Ps : *shaft power pada consistent unit*
 D : *diameter dari tunnel*
 Q : *mass density dari fluida*
 K_T : *thrust coefficient*
 K_Q : *torque coefficient*

II. 2.5 Unit Design

Untuk mencapai *thrust* yang diinginkan ataupun agar tidak kehilangan *thrust* akibat *design* yang tidak tepat, maka ada beberapa cara agar hal tersebut dapat dicapai. Hal mendasar yang harus dilakukan adalah pemilihan *transverse thruster* unit yang akan dipakai sesuai dengan jenis kapalnya. Ada beberapa pilihan antara lain yaitu unit

dengan *controllable pitch*, *constant speed achine* atau *fixed pitch* (4).

Setelah melakukan pemilihan unit, hal lain yang mempengaruhi thrust adalah *blade design* dari *impeller* yang akan digunakan. Dari dua tipe *impeller* yang dites yaitu dengan model *elliptic blade* dan *Kaplan blade* ternyata *Kaplan blade* lebih bagus performanya pada beberapa variasi *pitch* yang digunakan . Selain *impeller design*, peletakkan *impeller* did ala lambung kapal juga mempengaruhi thrust yang akan dihasilkan (6).

Tunnel yang dalam keadaan terbuka harus dilindungi oleh kisi pengaman yang mana fungsinya selain untuk mencegah sampah menyangkut ke *impeller*, ternyata dengan penambahan kisi pengaman pada sisi-sisi tunnel akan melindungi *impeller* dari berkurangnya *thrust*. Selain itu dengan penambahan kisi pengaman akan mengurangi tahanan kapal akibat adanya diskontinuitas permukaan pada lambung kapal.

Transverse propulsion unit akan bekerja secara efektif ketika kapal dalam keadaan diam atau statis. Keefektifan dari *transverse propulsion unit* akan berkurang seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal dalam keadaan maju ataupun mundur (7). Selain hal-hal diatas *wall effect* dari *tunnel* juga mempengaruhi *thrust*, hal ini dikarenakan daerah tekanan rendah dapat terbentuk diantara permukaan lambung dan dan dinding *jetty* dari *bow thruster unit*.

II. 2.6 Karakteristik Open Water

Karakteristik beban propeller dapat ditampilkan dengan grafik oleh beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Diagram memberikan *torque* dan *thrust* sebagai fungsi kecepatan. Karakteristik propeller terdiri dari koefisien *thrust* (K_T), koefisien *torque* (K_Q), dan koefisienadvanced (J) (4).

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (4)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (5)$$

$$J = \frac{Va}{n D} \quad (6)$$

Di mana:

ρ : massa jenis fluida

D : diameter propeller

n : putaran propeller

Va : *advanced speed*

T : *thrust propeller*

Q : *torque proepeller*

Untuk nilai efisiensi propeller pada open water diberikan rumus:

$$J = \frac{TVa}{2\pi n Q} \quad (7)$$

II. 2.7 Gaya Gesek (force drag) dan Gaya Angkat (force lift)

Tegangan – tegangan yang dikalikan dengan masing – masing luas di mana mereka bekerja akan menghasilkan gaya – gaya sedang jumlah gaya-gaya ini pada sebuah potongan khayal haruslah menjaga benda dalam keseimbangannya.

Komponen lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elementer. Komponen intensitas gaya ini disebut tegangan geser (shearing stress) ini dilambangkan dengan τ (tau). Secara matematis didefinisikan sebagai:

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta A} \quad (8)$$

Sehingga untuk mendapatkan gaya angkat dapat ditulis dengan persamaan:

$$F = \tau \times A \quad (9)$$

Di mana:

F: gaya gesek (N)

τ : *wall shear* (N/m²)

A : luasan *blade* (m²)

Kemudian untuk mendapatkan gaya angkat, dapat ditulis dengan persamaan:

$$F = P \times A \quad (10)$$

Di mana:

F: gaya angkat (N)

P: tekanan (N/m²)

A: luasan *blade* (m²)

II. 2.8 Koefisien Gaya Angkat (*lift*) dan Gaya Gesek (*drag*)

Gaya angkat atau *lift* didefinisikan sebagai komponen gaya yang bekerja pada sebuah bidang yang sejajar terhadap arah aliran dengan arah yang tegak lurus terhadap arah aliran. Sedangkan gaya gesek atau *drag* adalah sebuah gaya yang secara langsung berlawanan terhadap arah gerak dari sebuah *foil* atau *wing*.

Koefisien gaya angkat akan naik hampir secara linier mengikuti perubahan dari sudut serang (*angle of attack*) sampai titik maksimum tertentu. Sedangkan gaya gesek akan turun pada titik minimum tertentu juga. Sehingga terdapat *lift-drag ratio* untuk mengetahui pada posisi mana sudut serang terbaik pada *foil* tersebut (4).

Berikut adalah persamaan untuk mendapatkan nilai koefisien *lift* dan koefisien *drag*:

$$C_L = \frac{2F_L}{\rho V^2 A} \quad (11)$$

$$C_D = \frac{2F_D}{\rho V^2 A} \quad (12)$$

Di mana:

F_L : gaya angkat (N)

F_D : gaya geser (N)

ρ : massa jenis fluida (kg/m^3)

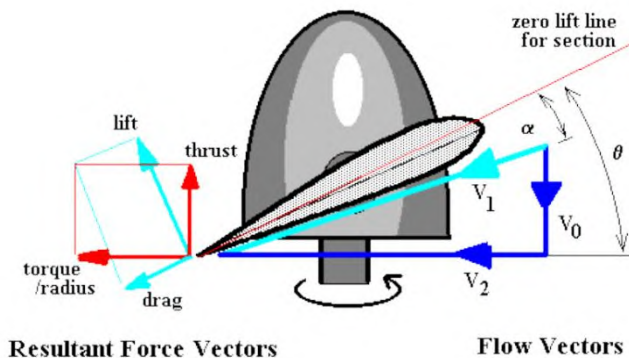
V : kecepatan aliran fluida (m/s)

A : luasan *foil* (m^2)

II. 2.9 Thrust dan Torque Propeller

Dalam perhitungan *thrust* dan *torque propeller* banyak sekali teori yang bisa dipakai. Namun, teori yang dipakai harus disesuaikan juga dengan metode apa yang digunakan dalam mencari *thrust* dan *torque propeller*. Pada kasus ini, dengan menggunakan metode *computational fluid dynamic*, maka salah satu teori yang tepat untuk dipakai adalah *blade element theory* (4).

Blade element theory adalah terori yang membagi *blade* atau daun propeller menjadi sebuah element besar, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar II.7. Blade Element Theory

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa resultan kecepatan terdiri dari kecepatan V dan kecepatan putar Ωr . Pada kondisi normal sudut *advance* β adalah kurang dari sudut pitch dari blade, sehingga terbentuklah sudut λ .

Jika dilihat dari *section blade* di atas, gaya *lift* dan *drag* didapatkan dari kombbinasi sudut-sudut yang ada yaitu *incidence agle* dan *section zero lift angle*. Berikut merupakan rumus untuk mencari *thrust* dan *torque propeller* berdasarkan *blade element theory*:

$$T = F_{\text{lift}} \cos\Theta - F_{\text{drag}} \sin\Theta \quad (13)$$

$$Q = (F_{\text{lift}} \sin\Theta + F_{\text{drag}} \cos\Theta) \cdot r \quad (14)$$

Di mana:

$$T = \text{thrust (N)}$$

$$Q = \text{torque (Nm)}$$

$$F_{\text{lift}} = \text{gaya lift (N)}$$

$$F_{\text{drag}} = \text{gaya drag (N)}$$

$$\Theta = \text{sudut propeller}$$

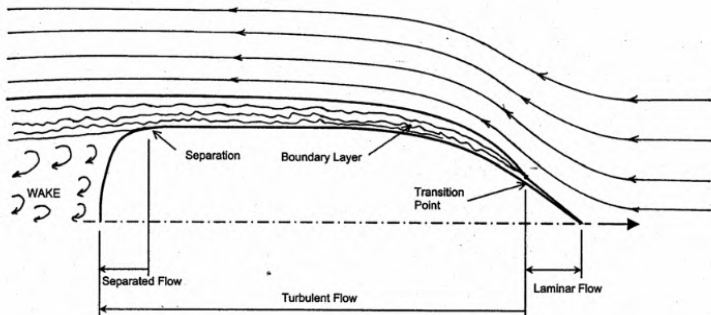
$$\Theta = \tan^{-1} \frac{P/D}{0.7\pi} \quad (15)$$

II. 2.10 Tahanan Kapal

Ketika suatu '*body*' bergerak pada daerah permukaan bebas dari suatu fluida, maka variasi tekanan di daerah sekitar body tersebut akan menghasilkan gelombang pada permukaan fluida. Energy dibutuhkan untuk mempertahankan terjadinya gelombang tersebut, sehingga hal ini menjadikannya disebut tahanan (*resistance*) (8).

Bentuk aliran streamline di sekitar lambung kapal akan menghasilkan variasi kecepatan aliran yang disebabkan oleh variasi local pada *frictional resistance*-nya. Yaitu apabila lambung kapal tiba – tiba secara sectional berubah bentuk, sehingga aliran fluida tidak mampu mengikuti garisnya dan aliran akan patah. Di daerah patahan tersebut

akan muncul *eddies current* (arus pusaran) yang akan menyerap energy dan hal ini pun akan menjadikannya suatu tahanan (9).



Gambar II.8. Tahanan Kapal

II. 2.11 Dasar – Dasar CFD

a. Pengertian CFD (Computational Fluid Dynamics)

Untuk kebutuhan penelitian tentang aliran fluida baik cair maupun gas sampai dengan tingkat desain, perlu dibutuhkan suatu alat yang mampu menganalisa atau memprediksi dengan cepat dan akurat. Maka berkembanglah suatu ilmu yang dinamakan Computational Fluid Dynamic (CFD). Secara harfiah CFD dapat diartikan sebagai berikut (10):

- Computational : segala sesuatu yang berhubungan dengan matematika dan metode numeric atau komputasi.
- Fluid Dynamic : dinamika dari segala sesuatu yang mengalir

Dari pengertian di atas, CFD bisa diartikan sebagai suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda – benda atau zat – zat yang mengalir.

Secara definisi CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan – persamaan matematika (model matematika).

b. Penggunaan CFD

Dalam penggunaannya CFD biasanya digunakan dalam hal yang berhubungan dengan:

1. Studi konsep dari desain baru
2. Pengembangan produk secara detail
3. Analisa kegagalan atau troubleshooting
4. Desain ulang

c. Manfaat CFD

Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat kenapa harus menggunakan CFD yaitu insight (pemahaman mendalam), foresight (prediksi menyeluruh), dan efficiency (efisiensi waktu dan biaya).

d. Proses Simulasi

Pada umumnya terdapat tiga tahapan utama yang harus dilakukan ketika melakukan simulasi CFD, yaitu preprocessing, solving, dan postprocessing.

- Preprocessing merupakan langkah pertama dalam membangun dan menganalisis sebuah model CFD. Teknisnya adalah membuat model dalam paket CAD (Computer Aided Design), membuat mesh yang cocok atau sesuai, kemudian menerapkan kondisi batas dan sifat – sifat fluidanya.
- Solving, solvers (program inti pencari solusi, CFD menghitung kondisi – kondisi yang diterapkan pada saat processing.
- Postprocessing, adalah langkah terakhir dalam analisis menggunakan CFD. Hal yang dilakukan

pada langkah ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasikan data hasil simulasi CFD yang bisa berupa gambar, kurva, ataupun animasi.

Prosedur berikut yang terdapat pada semua pendekatan program CFD, yaitu:

- ❖ Pembuatan geometri dari model
- ❖ Bidang atau volume yang diisi oleh fluida dibagi menjadi sel – sel kecil (meshing)
- ❖ Pendefinisian model fisiknya, misalnya persamaan – persamaan gerak, entalpi, atau konversi zat – zat.
- ❖ Pendefinisian kondisi – kondisi batas dan sifat – sifat dari fluida dari model.
- ❖ Persaman – persamaan matematika yang membangun CFD diselesaikan secara iterative.
- ❖ Analisis dan visualisasi dari solusi CFD

e. Macam – macam Perangkat Lunak CFD

Ada banyak macam – macam perangkat lunak CFD yang bisa digunakan dalam analisa. Tidak semuanya memiliki fungsi yang sama. Penggunaannya tergantung dari masalah yang ingin diselesaikan.

Berikut merupakan beberapa contoh software CFD yang bisa digunakan:

- ANSYS (CFX dan Fluent)
- NUMECA (FINETM / Open, FINETM / Turbo dan FINETM / Marine)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III. 1 Umum

Sebuah karya ilmiah dapat dikatakan baik apabila memiliki metodologi yang dapat dipertanggung jawabkan dan terperinci dengan sumber informasi yang luas. Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini untuk mencapai hasil yang diinginkan, maka diperlukan kerangka pengerjaan yang detail dan terstruktur. Kerangka berikut ini berisi urutan – urutan langkah pengerjaan dari tugas akhir, mulai dari pengumpulan data sampai diperoleh hasil akhir dan kesimpulannya.

III. 2 Prosedur Pengerjaan

Berikut merupakan langkah – langkah pengerjaan tugas akhir atau skripsi yang terdiri dari:

III.2.1 Identifikasi Perumusan Masalah

Pada tahap awal pengerjaan tugas akhir hal yang dilakukan adalah menentukan dan mengidentifikasi masalah yang akan dibahas, dan selanjutnya akan dijadikan acuan untuk memilih atau menentukan metode apa yang akan dipakai untuk membahas dan menganalisa masalah tersebut. Dalam kasus ini masalah yang diangkat adalah bagaimana pengaruh rancangan sudut dan tebal kisi pengaman terhadap performa *bow thruster*.

III.2.2 Studi Literatur

Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan studi literature dengan tujuan untuk mengumpulkan teori – teori penunjang tentang tugas akhir ini. Studi literature ini sendiri dapat diperoleh dari berbagai sumber yaitu buku, internet, artikel, jurnal – jurnal

penelitian ataupun yang lainnya yang mana berhubungan dengan tugas akhir yang sedang kita kerjakan.

III.2.3 Pengambilan Data

Setelah menentukan masalah dan mengidentifikasinya serta mencari teori – teori penunjang yang nantinya menunjang penyelesaian masalah kita, hal selanjutnya yang dilakukan adalah pengambilan data. Pengambilan data yang dimaksud adalah melakukan pencarian data yang nantinya data tersebut akan dijadikan acuan dan diolah serta di analisis sesuai dengan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini.

Dalam penelitian ini, data yang dipakai adalah data bow thruster dari *Product Supply Vessel* 48 meter. Adapun ukuran utama dari kapal tersebut adalah:

<i>Loa</i>	=	48.20	m
<i>Lpp</i>	=	45.67	m
<i>Breadth</i>	=	11	m
<i>Depth</i>	=	3.70	m
<i>Draught</i>	=	2.75	m

III.2.4 Perhitungan Kebutuhan Thrust Bow Thruster untuk memutar Kapal

Dalam tahap ini yang dilakukan adalah melakukan perhitungan kebutuhan thrust bow thruster untuk memutar kapal sesuai dengan data kapal yang telah ada. Dan kemudian dilakukan perhitungan sesuai rumus pada literature.

III.2.5 Penentuan Jumlah Batang, Sudut dan Tebal Kisi Pengaman

Ketika pengambilan data kapal dan bow thruster sudah dilakukan dan sudah sesuai yang dibutuhkan, langkah berikutnya adalah penentuan variasi sudut dan tebal kisi pengaman yang nantinya akan dianalisa pengaruh –

pengaruh tersebut terhadap performa dari bow thruster. Adapun variasi yang diambil adalah untuk sudut kisi pengaman yaitu 0^0 , 15^0 , dan 30^0 . Sementara untuk tebal kisi pengaman adalah 10 mm, 20mm, dan 30 mm. Selain itu juga dilakukan variasi sudut pada batang kisi pengaman sendiri yaitu 0^0 , 10^0 , dan 20^0 . Serta jumlah dari batang kisi pengaman yang terdiri dari 4, 8, dan 12 batang kisi pengaman.

III.2.6 Penggambaran Model Bow Thruster dan Kapal

Data yang telah diperoleh selanjutnya akan digunakan untuk digambar ulang (*redrawing*) untuk dijadikan model dalam simulasi yang akan dilakukan dan nantinya hasil yang didapatkan dari simulasi akan dianalisa lebih jauh lagi. Data yang nantinya akan digambar ulang adalah data *bow thruster* pada *Product Support Vessel* 48 meter. Sementara itu dikarenakan permasalahan yang diangkat adalah tentang kisi pengaman dari bow thruster, maka kisi pengaman itu sendiri harus digambar berdasarkan variasi yang telah ditentukan.

❖ Penggambaran *Bow Thruster*

Berdasarkan data yang telah didapatkan, berikut merupakan data bow thruster dari *Product Support Vessel* 48 meter.

Model	= GT715
Jenis Propeller	= Kaplan (Ka-Propeller)
Diameter Propeller	= 710 mm
Diam. Dalam Tabung	= 732 mm
Ketebalan Tabung	= 30 mm

Penggambaran *propeller* dan *hub* dari *bow thruster* sendiri dilakukan menggunakan *software propcade*. Pada *software* ini ada beberapa hal yang

harus diisi sesuai data yang kita miliki. Dan setelah mengisi data – data tersebut, maka propeller yang kita inginkan akan secara otomatis terbentuk.

Adapun data – data yang perlu kita isi adalah sebagai berikut:

Diameter Propeller = 710 mm

Jumlah Blade = 4

Tipe Propeller = Kaplan

Setelah penggambaran selesai, hal berikutnya adalah mengekspor file gambar menjadi txt, yang nantinya akan dibuka di *software rhinoceros*, dan dari *rhinoceros* file diekspor lagi menjadi iges, yang mana file iges tersebut akan disatukan pada software ICEM CFD untuk dilakukan proses *meshing* atau proses pemberian volume.

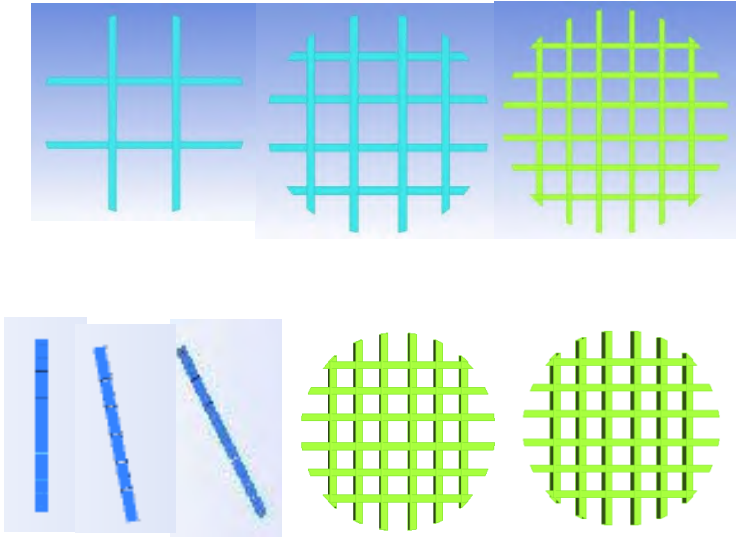


Gambar III.1. Propeller dan Hub

❖ **Penggambaran Kisi Pengaman**

Untuk mempermudah penggambaran sebelum dilakukan pada ICEM CFD, maka penggambaran terlebih dahulu dilakukan pada *software rhinoceros*. Setelah itu model diekspor untuk nantinya dijadikan

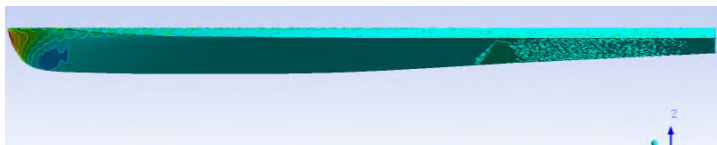
satu dengan propeller yang sebelumnya digambarkan pada software ICEM CFD



Gambar III.2. Variasi sudut kisi pengaman

❖ **Penggambaran Kapal**

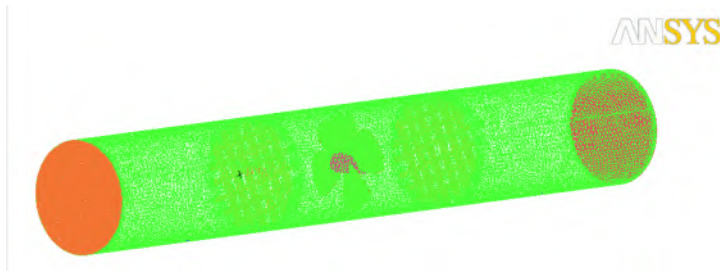
Setelah melakukan penggambaran kisi pengaman, hal selanjutnya yang dilakukan adalah menggambar kapal sesuai data yang telah didapat.



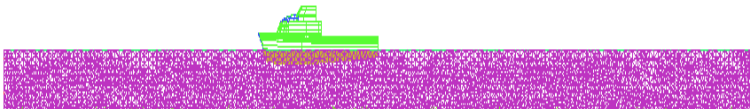
Gambar III.3. Penggambaran Model Kapal

❖ ICEM CFD

Setelah propeller dan kisi pengaman disatukan pada software ICEM, hal selanjutnya yang dilakukan adalah memberikan volume dengan cara memberikan mesh pada gambar – gambar yang telah *disurface*. Sebelum dilakukan meshing, bagian yang akan dianalisa harus diberi batasan untuk aliran fluida yang mengalir. Setelah itu, langkah selanjutnya adalah emebrikan input dan output dari objek yang telah diberi batasan tadi. Dan jangan lupa untuk memberikan body sebagai domain objek yang kita analisa. Setelah semua dilakukan barulah objek dimeshing.



Gambar III.4. Meshing Propeller dan Kisi Pengaman



Gambar III.5. Meshing Kapal

❖ Pre Processor

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan pada proses simulasi dengan menggunakan software CFD, yakni:

a. Domain

Domain merupakan daerah batas atau ruang lingkup fluida dimana fluida tersebut berada dan bekerja. Pada simulasi kali ini akan dibuat tiga domain yaitu domain immersed solid stationer, immersed solid rotating, dan domain fluida stationary, di mana fluida yang bekerja pada tiga domain tersebut adalah air.

Penentuan dan Peletakkan Domain untuk Simulasi Pengaruh Kisi Pengaman Terhadap Bow Thruster Domain Propeller

nama	lokasi	tipe	material	model
Domain 1	Propeller dan hub	Immersed solid	-	Bouyency model = Non bouyent Domain Motion = Rotating 300 rev/min Turbulence Model = k epsilon Turbulence Wall Function = Scalable

Domain Fluida

nama	lokasi	tipe	material	model
Domain 2	Selongsong	Fluid	Water	Bouyency model = Non bouyent Domain Motion = Stationary Turbulence Model = k epsilon Turbulence Wall Function = Scalable

Boundary Physics

domain	nama	lokasi	tipe	keterangan
Domain 1	Prop	Propeller dan hub	Wall	Wall Influence on Flow = No slip Wall Roughness = Smooth Wall
Domain 2	Wall	Selongsong	Wall	Wall Influence on Flow = No slip Wall Roughness = Smooth Wall
Domain 2	Kisi	Kisi Pengaman	Wall	Wall Influence on Flow = No slip Wall Roughness = Smooth Wall

Domain 2	In	Inlet	Inlet	Frame type = Stationary Flow region = Subsonic Mass and Momentum = Mass flow rate Velocity = 1 knot Flow Direction = Normal to boundary condition
Domain 2	Out	Outlet	Outlet	Frame type = Stationary Flow region = Subsonic Mass and Momentum = Average static pressure Average Static Pressure = 0 Pa Flow Direction = Normal to boundary condition

Pada objek yang diberi domain rotating, ketika disimulasikan objek tersebut akan berputar. Objek yang diberikan domain rotating adalah propeller dengan kecepatan 300 rev/m.

Sedangkan pada domain stationer, lokasi yang diberikan domain ini adalah kisi pengaman dan fluida. Jadi kedua objek tersebut akan tetap diam.



Gambar III.6. Pemberian Domain pada Propeller dan Kisi Pengaman

Penentuan dan Peletakkan Domain untuk Simulasi Pengaruh Kisi Pengaman Terhadap Tahanan Kapal

Domain

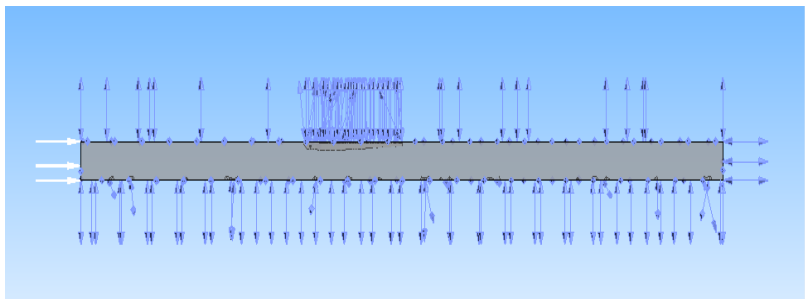
nama	lokasi	tipe	material	model
Domain 1	Body	Fluid	Water	Bouyency model = Non bouyent Domain Motion = Stationary Turbulence Model = k epsilon Turbulence Wall Function = Scalable

Boundary Physics

domain	nama	lokasi	tipe	keterangan
Domain 1	Lambung	Kapal dan Shell	Wall	Wall Influence on Flow = No slip Wall Roughness = Smooth Wall
Domain 1	Atas	Atas	Opening	Flow Direction = Normal to boundary condition Mass and momentum = opening pressure and direction Relative Pressure = 1 atm Turbulance = medium intensity and eddy viscosity ratio
Domain 1	Bawah	Bawah	Opening	Flow Direction = Normal to boundary condition Mass and momentum = opening pressure and direction

				Relative Pressure = 1 atm Turbulence = medium intensity and eddy viscosity ratio
Domain 1	Krn	Krn	Opening	Flow Direction = Normal to boundary condition Mass and momentum = opening pressure and direction Relative Pressure = 1 atm Turbulence = medium intensity and eddy viscosity ratio
Domain 1	In	Inlet	Inlet	Frame type = Stationary Flow region = Subsonic Mass and Momentum = Mass flow rate Velocity = 12 knot

				Flow Direction = Normal to boundary condition
Domain 1	Out	Outlet	Outlet	Frame type = Stationary Flow region = Subsonic Mass and Momentum = Average static pressure Relative Pressure = 1 atm Flow Direction = Normal to boundary condition



Gambar III.7. Pemberian Domain pada Kapal

b. Boundary

Boundary atau bisa disebut juga kondisi batas dibuat untuk mengetahui karakteristik benda dan fluida agar mendekati dengan kondisi yang sebenarnya. Pada simulasi ini, model terlebih dahulu diletakkan dalam sebuah silinder atau selongsong sebagai pembatas aliran fluida yang akan dilewati.

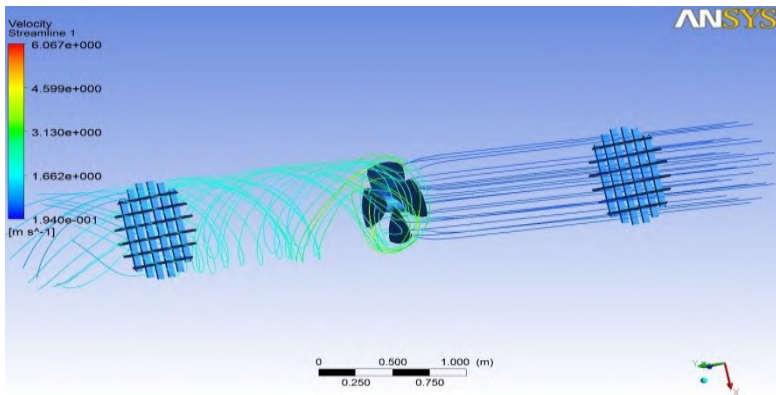
Kondisi batas yang dibentuk berupa inlet sebagai masukan fluida, outlet sebagai keluaran fluida, dan juga wall yang digunakan sebagai dinding pembatas aliran fluida.

❖ Solver

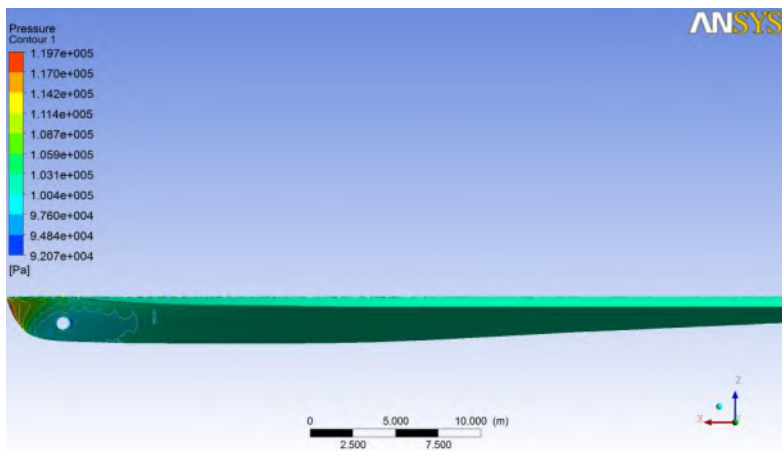
Program solver CFD ini bertujuan untuk melakukan proses pengolahan data dengan perhitungan numeric computer dari semua parameter – parameter yang telah ditentukan pada domain dan boundary yang telah ditentukan sebelumnya.

❖ Post

Tahap post ini bertujuan untuk menampilkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada proses solver. Hasil yang diperoleh dapat berupa data numeric maupun data visual. Data yang diperoleh akan digunakan sesuai dengan tujuan dari percobaan yang dilakukan dan sebagai validasi. Berikut merupakan contoh data visual yang diambil dari tahap post berdasarkan proses simulasi.



Gambar III.8. CFD Post pada Simulasi Pengaruh Kisi Pengaman pada Performa Propeller



Gambar III.9. CFD Post pada Simulasi Tahanan Kapal

III.2.7 Validasi Hasil Simulasi

Validasi hasil running merupakan pengecekan kembali apakah simulasi yang dilakukan sudah berhasil, dan hasilnya tersebut nantinya di bandingkan dengan penelitian sebelumnya jika ada. Jika belum sesuai maka perlu disimulasikan ulang.

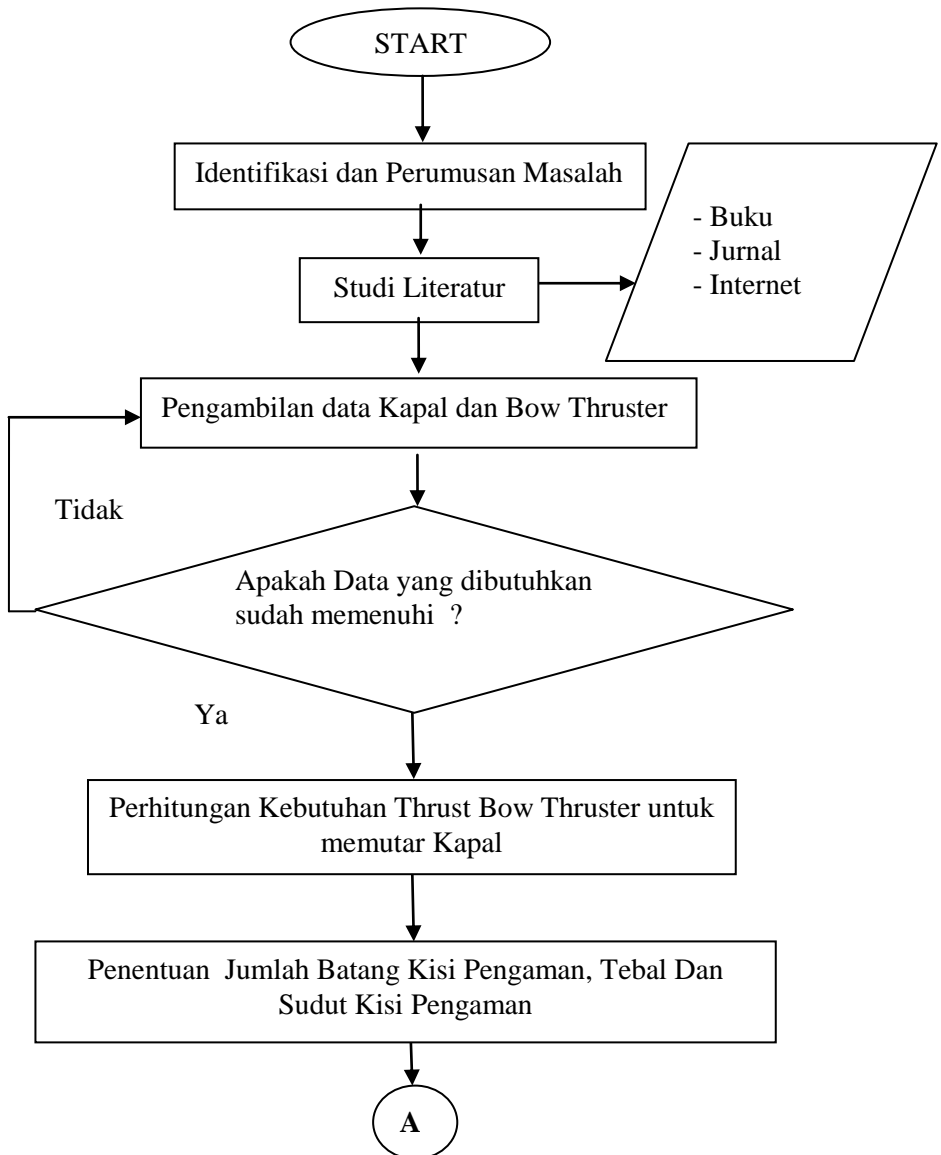
III.2.8 Perhitungan dan Analisa

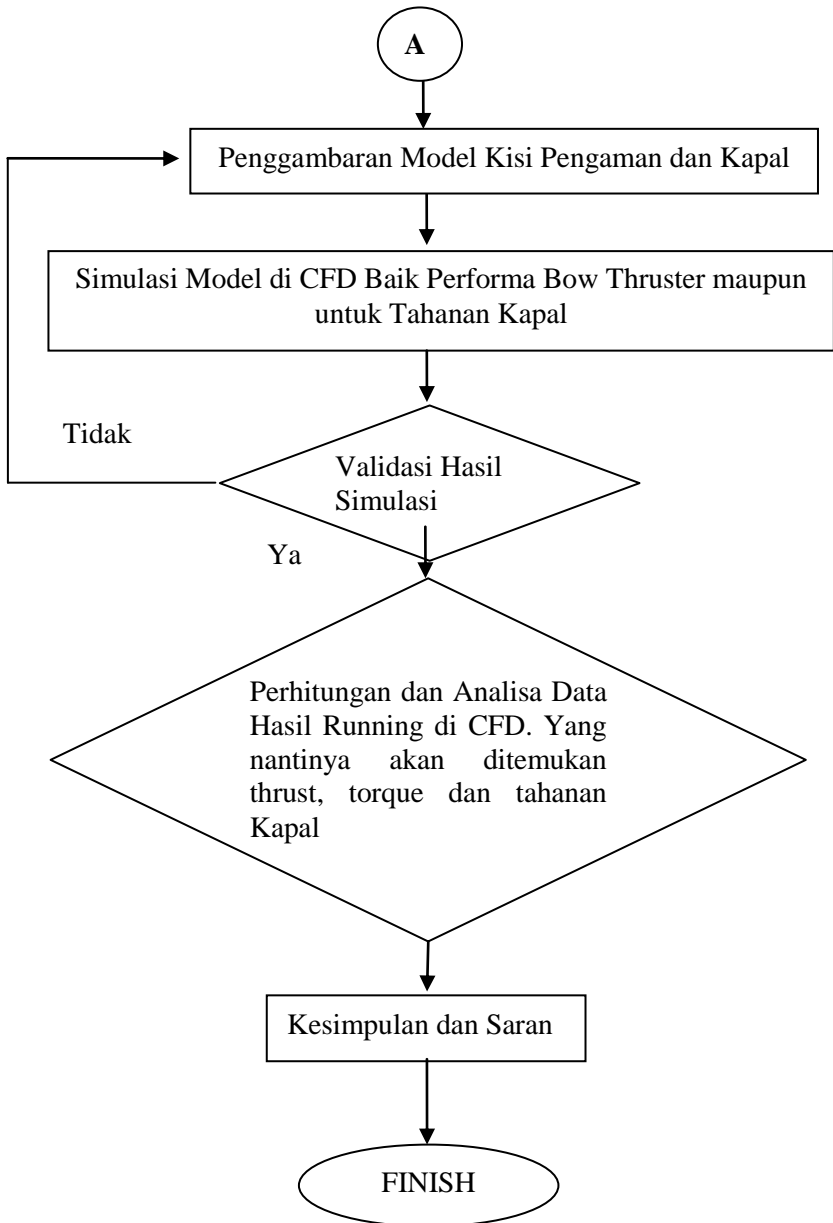
Setelah hasil running akan didapatkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan. Pada tahap ini lah hasil data tersebut dihitung dan dianalisa. Dari perhitungan nantinya diharapkan akan menghasilkan thrust, torque, dan efisiensi dari bow thruster. Dari hasil tersebut nantinya akan dianalisa dengan cara dibandingkan hasil dari variasi sudut dan tebal kisi pengaman, mana yang terbaik untuk dijadikan acuan pelatukkan dan permodelan kisi pengaman dari bow thruster

III.2.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan telah dilakukan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari hasil perhitungan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan tugas akhir ini yaitu kajian teknis pengaruh rancangan sudut dan tebal kisi pengaman terhadap performa bow thruster.

III. 3 Flow Chart





BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV. 1 Umum

Bab analisa dan pembahasan merupakan bab di mana data – data yang telah diperoleh diolah atau dianalisa dan kemudian dilakukan perhitungan berikut dengan pembahasannya. Sesuai dengan rumusan masalah yang dijelaskan sebelumnya, dalam analisa dan pembahasan kali ini akan menganalisa dan membahas tentang pengaruh kisi pengaman terhadap performa *bow thruster* serta tahanan kapal.

IV. 2 Ukuran Utama Kapal

Dalam tugas akhir ini berikut merupakan kapal yang nantinya akan diberi alat maneuver tambahan yaitu bow thruster. Adapun data kapal yang digunakan adalah sebagai berikut:

Loa	=	48.20	m
Lpp	=	45.67	m = 149.836 lb
Breadth	=	11	m
Depth	=	3.70	m = 12.139 lb
Draught	=	2.75	m
Jenis	=	<i>Product supply vessel</i>	
Cp	=	0.789	
Cb	=	0.431	
Cm	=	0.57	

IV. 3 Pemilihan Bow Thruster

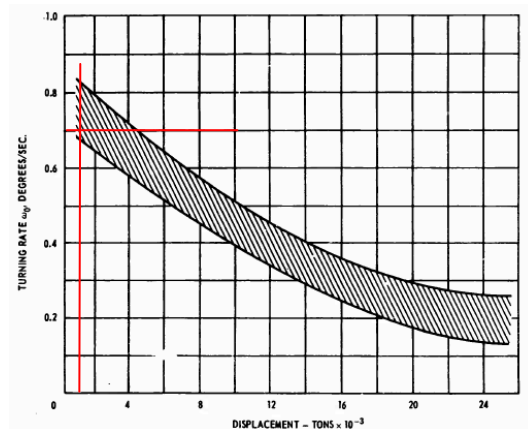
Berdasarkan data utama kapal yang sudah dimiliki, berikut merupakan langkah – langkah perhitungan untuk memilih bow thruster sebagai alat maneuver kapal.

a. Perhitungan Displacement Kapal

$$\begin{aligned}
 V_{\text{disp}} &= L \times B \times T \times C_b \\
 &= 45.67 \times 11 \times 2.75 \times 0.431 \\
 &= 595.434 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Disp} &= V_{\text{disp}} \times \rho_{\text{air laut}} \\
 &= 595.434 \times 1.025 \\
 &= 610.3199 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh *displacement* kapal, hal berikutnya yang dilakukan adalah pembacaan grafik untuk menentukan turning rate dari kapal berdasarkan *displacement* kapal:



Grafik IV.1. *Turning Rate*

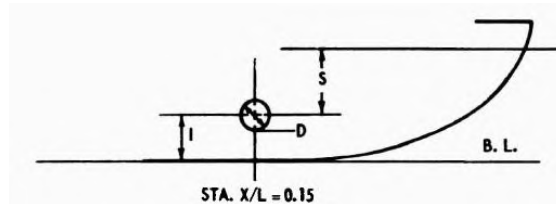
Berdasarkan pembacaan grafik IV.1 didapatkan nilai *turning rate* (ω_0) = 0.7 degrees/sec

b. Penentuan Peletakkan *Bow Thruster*

Sebelum dilakukan perhitungan lebih lanjut, hal yang perlu dilakukan sebelumnya adalah peletakkan *bow thruster* pada kapal. hal ini nantinya juga akan mempengaruhi berapa thrust yang dibutuhkan oleh *bow*

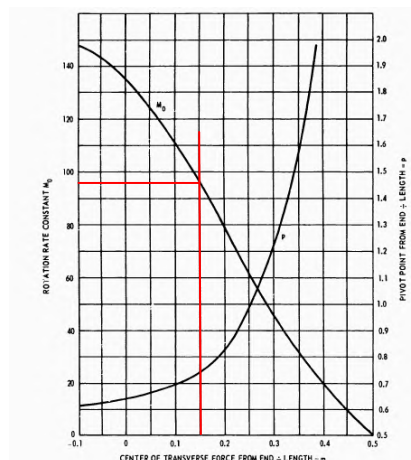
thruster untuk memutar kapal sesuai dengan *turning rate* yang telah ditentukan sebelumnya.

Berikut merupakan rencana peletakkan *bow thruster* pada kapal:



Gambar IV.1.Posisi Tunnel pada Lambung Kapal

Setelah dilakukan perencanaan peletakkan *bow thruster*, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah pembacaan grafik sesuai dengan X/L yang telah didapatkan:



Grafik IV.2. Untuk Menemukan Nilai M_0

Berdasarkan pembacaan grafik di atas, maka didapatkan nilai $M_0 = 97$

c. Perhitungan *Thrust* yang Dibutuhkan *Bow Thruster*

Ketika perhitungan *displacement* dan pembacaan grafik telah dilakukan, maka selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *thrust bow thruster* sesuai data yang didapatkan sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{\omega_0^2 L^3 H}{M_0^2} \\
 &= \frac{0.7^2 \times 149.836^3 \times 12.139}{97^2} \\
 &= 2126.609 \quad \text{lb} \\
 &= 964.613 \quad \text{kg} \\
 &= 0.965 \quad \text{ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka gaya dorong yang dibutuhkan *bow thruster* untuk memutar kapal adalah dengan *turning rate* yang telah ditentukan adalah sebesar 0.965 ton atau 9.65 kN. Sehingga dipilihlah *bow thruster* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi *Bow Thruster*

Model	: GT715
Rating	: 132KW – S2 Duty (30 mins)
Power	: 415 – 3phase – 50 Hz
Blade	: 4 <i>blades</i>
Diameter thruster	: 715 mm
Diamatertabung	: 762 mm
Ketebalan dinding	: 15 mm
Material	: <i>Marine Grade A Steel Tunnel Tube</i>
Rpm motor	: 1500 rpm
Rpm yang dipakai	: 300 rpm
Thrust	: 13 kN

Pada *bow thruster* ini propeller yang digunakan merupakan *Controlable pitch propeller* (CPP) dengan tipe propeller jenis Kaplan. Adapun tujuan penggunaan tipe tersebut adalah:

- a. Penggunaan tipe *controllable pitch propeller* bertujuan untuk menghemat tempat untuk propeller. Hal ini dikarenakan tempat yang terbatas sehingga cukup dengan satu propeller *bow thruster* dapat menggerakkan kapal ke samping kiri maupun kanan.
- b. Selain itu penggunaan *controlabl pitch propeller* juga bertujuan sebagai rem dari *bow thruster* itu sendiri.
- c. Sedangkan untuk jenis Kaplan propeller merupakan propeller yang sering digunakan jika *propeller* tersebut berada di dalam tabung atau *nozzles* dikarenakan tingkat keefektifannya lebih tinggi dibandingkan dengan *propeller* lain jika berada di dalam *nozzle*, dan juga dengan pemotongan di bagian akhir *propeller* memungkinkan penambahan *thrust*.



Gambar IV.2. Propeller Jenis Kaplan

Dalam tugas akhir ini tunnel thruster yang akan dianalisa merupakan *tunnel thruster standart* yang biasa digunakan oleh kebanyakan kapal. Hal ini perlu diketahui dikarenakan ada beberapa jenis design dari *tunnel thruster* untuk memaksimalkan kerja dari *propeller bow thruster*. Salah satunya adalah dengan memodifikasi lambung di sekitar bukaan tunnel thruster agar aliran air yang akan

melewati bukaan tersebut dapat mengalir dengan lebih baik atau bisa dikatakan dengan mengurangi turbulensi yang akan terjadi di sekitar bukaan tunnel thruster. Namun, dalam tugas akhir ini juga akan membahas bagaimana memaksimalkan kerja *bow thruster* tetapi dengan cara lain yaitu dengan penambahan kisi pengaman pada bagian bukaan *tunnel thruster*.



Gambar IV.3. Jenis Tunnel Standard dan Tunnel Modifikasi (Kanan-Kiri)

IV. 4 Kisi Pengaman *Bow Thruster*

a. Fungsi dari Kisi Pengaman *Bow Thruster*

Kisi pengaman bow thruster atau yang biasa disebut dengan '*grids*' memiliki beberapa fungsi, yaitu diantaranya:

1. Sebagai pengaman *propeller* yang berada di dalam *tunnel*.
2. Menjaga agar sampah tidak masuk ke dalam *tunnel* sehingga dapat mengganggu kerja dari *propeller* terutama untuk kapal yang berlayar di laut dangkal dan sungai.
3. Selain itu kisi pengaman juga bisa mengurangi tahanan kapal akibat adanya lubang pada lambung kapal.

b. Material Kisi Pengaman *Bow Thruster*

Bow thruster merupakan salah satu alat maneuver kapal yang telah tersedia satu set dalam proses pembeliannya. Namun, hal tersebut tidak termasuk kisi pengaman *bow thruster*. Kisi pengaman sendiri merupakan tambahan yang diberikan oleh *ship builder* ketika membangun kapal tersebut. Sehingga pembuatan kisi pengaman dibuat sesuai dengan kehendak dari pembangun kapal dan kapasitas dari kapal tersebut.

Dalam proses pembuatan kisi pengaman, biasanya material yang diunakan disamakan dengan material dari tabung *bow thruster*. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah proses korosi yang lebih cepat apabila bahan yang digunakan berbeda. Bisa dikatakan juga apabila tabung dari *bow thruster* terbuat dari baja atau steel, maka kisi pengaman juga terbuat dari plat baja.

Namun, tidak menutup kemungkinan juga akan terjadi kerusakan seperti korosi di sekitar kisi pengaman ataupun tabung *bow thruster*, sehingga dibutuhkan *treatment* agar korosi dapat diperlambat. Adapun caranya seperti berikut:

❖ Pengecatan



Gambar IV.4. Pengecatan Kisi Pengaman

Seperti pengecatan pada lambung kapal, adapun urutan pengecatan pada kisi pengaman dan tabung *bow thruster* adalah:

1. Lapisan pertama
Pada lapisan pertama, jenis cat yang digunakan yaitu cat dasar yang berfungsi melindungi permukaan loam agar tidak berkarat atau rusak.
2. Lapisan kedua
Pada lapisan kedua, cat yang dipakai adalah jenis cat *Anti Corrosion (AC)* yang memiliki fungsi sebagai penebal agar logam lebih kuat lagi terhadap korosi.
3. Lapisan ketiga
Pada lapisan yang terakhir yaitu yang ketiga, cat yang digunakan adalah cat dengan jenis cat *Anti Fouling (AF)*. Yang mana cat ini berfungsi untuk mencegah binatang laut agar tidak menempel pada tabung *bow thruster* maupun kisi pengamannya.

- ❖ Peletakkan Zinc Anode
Setelah dilakukan pengecatan sesuai yang dijelaskan di atas langkah selanjutnya adalah peletakkan *zinc anode* pada tabung *bow thruster*. Jenis zinc anode yang biasa dipakai adalah Mil-Spec MIL-A-18001. *Zinc anode* harus diletakkan memanjang pada tabung *bow thruster*. Ketika *zinc anode* berkurang 10% ukurannya dari ukuran waktu pertama kali dipasang maka *zinc anode* harus diganti dengan yang baru.

IV. 5 Variasi Data pada Kisi Pengaman

Pada pemodelan yang dilakukan ada beberapa variasi yang dipakai untuk mengetahui sejauh mana

pengaruh kisi pengaman terhadap performa *bow thruster* dan jua tahanan kapal.

Adapun variasi yang dipakai untuk melakukan pengujian pengaruh kisi pengaman terhadap performa *bow thruster* adalah:

Tabel IV.1 Variasi Tebal dan Jumlah Kisi Pengaman

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang
10	4
10	8
10	12
20	4
20	8
20	12
30	4
30	8
30	12

IV. 6 Data Hasil Simulasi CFD

Setelah melakukan variasi model pada kisi pengaman, maka pemodelan tersebut akan dilanjutkan dengan simulasi, yang mana dari hasil simulasi akan diperoleh data sebagai berikut:

Tunnel Bow Thruster Tanpa Kisi Pengaman

Tabel IV.2 Hasil Simulasi Tanpa Kisi Pengaman

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jumlah Kisi	Putaran (rps)	Face			Back		
			P_{face}	A	τ_{face}	P_{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m2)	(Pa)	(Pa)	(m2)	(Pa)
Tanpa Kisi	0	5	36590.6	0.3397	147.62	3024.51	0.3427	16.4708

Tunnel Bow Thruster dengan Kisi Pengaman

Tabel IV.3 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 10mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rpm)	Face			Back		
			P_{face}	A	τ_{face}	P_{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m ²)	(Pa)	(Pa)	(m ²)	(Pa)
10	4	5	36608.2	0.3397	147.464	3048.21	0.3427	16.2885
10	8	5	36661.1	0.3397	147.533	3041.01	0.3427	16.5575
10	12	5	36693.5	0.3397	147.688	3072.73	0.3427	16.4518

Tabel IV.4 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 20mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rpm)	Face			Back		
			P_{face}	A	τ_{face}	P_{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m ²)	(Pa)	(Pa)	(m ²)	(Pa)
20	4	5	36610.5	0.3397	147.484	3053.53	0.3427	16.7221
20	8	5	36743.1	0.3397	147.509	3186.05	0.3427	16.7124
20	12	5	36886.6	0.3397	147.548	3276.92	0.3427	16.3478

Tabel IV.5 Hasil Simulasi Kisi Pengaman dengan Tebal 30mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rpm)	Face			Back		
			P_{face}	A	τ_{face}	P_{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m ²)	(Pa)	(Pa)	(m ²)	(Pa)
30	4	5	36639.6	0.3397	147.649	3061.51	0.3427	16.4615
30	8	5	36887.7	0.3397	147.766	3288.18	0.3427	16.4713
30	12	5	37094	0.3397	147.817	3522.32	0.3427	16.2363

IV. 7 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Banyaknya Jumlah Kisi Pengaman terhadap Performa Bow Thruster

Dengan diperolehnya hasil simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, maka akan dilakukan perhitungan

thrust dan *torque* dengan menggunakan metode *blade element theory* sebagai berikut:

a. *Force Lift*

$$F = P \times A$$

Di mana:

F: gayaangkat (N)

P: tekanan (N/m^2)

A: luasanblade (m^2)

Untuk pressure dan area agar lebih valid, maka nilainya diambil dari proses *post* pada tahap simulasi dengan menggunakan *function calculator*. Nilai yang diambil adalah nilai pressure sejajar sumbu putar yaitu pressure di sumbu Y. Sedangkan area yang diambil adalah luasan bagian *face* dan *back* dari *propeller*. Hasil perkalian pressure di *face* dan *back* dibandingkan dengan *force* di sumbu Y, sehingga:

Pada *face propeller*

$$\begin{aligned} F &= P \times A \\ &= 36608.2 \times 0.3397 \\ &= 12435.81 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada *back propeller*

$$\begin{aligned} F &= P \times A \\ &= 3048.21 \times 0.3427 \\ &= 1044.622 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga Force Lift:

$$\begin{aligned} F_{\text{lift}} &= F_{\text{face}} + F_{\text{back}} \\ &= 12435.81 + 1044.622 \\ &= 13480.43 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Force Drag

$$F = \tau \times A$$

Di mana:

F: gayaangkat (N)

τ : wallshear (Pa)

A: luasanblade (m²)

Untuk *wallshear* dan *area* agar lebih valid, maka nilainya diambil dari proses *post* pada tahap simulasi dengan menggunakan *function calculator*. Nilai yang diambil adalah nilai *pressure* sejajar sumbu putar yaitu *pressure* di sumbu Y. Sedangkan *area* yang diambil adalah luasan bagian *face* dan *back* dari *propeller*. Hasil perkalian *pressure* di *face* dan *back* dibandingkan dengan *force* di sumbu Y, sehingga:

Pada *face propeller*

$$\begin{aligned} F &= \tau_{\text{face}} \times A \\ &= 147.464 \times 0.3397 \\ &= 50.09352 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada *back propeller*

$$\begin{aligned} F &= \tau_{\text{back}} \times A \\ &= 16.2885 \times 0.3427 \\ &= 5.582 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga *Force Drag*:

$$\begin{aligned} F_{\text{lift}} &= F_{\text{face}} + F_{\text{back}} \\ &= 50.094 + 5.582 \\ &= 55.6756 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Perhitungan *Thrust*

$$T = F_{\text{lift}} \cos\Theta - F_{\text{drag}} \sin\Theta$$

Di mana:

$$T = \text{Thrust (N)}$$

$$F_{\text{lift}} = \text{Gaya Lift (N)}$$

$$F_{\text{drag}} = \text{Gaya Drag (N)}$$

$$\Theta = \text{Sudut propeller}$$

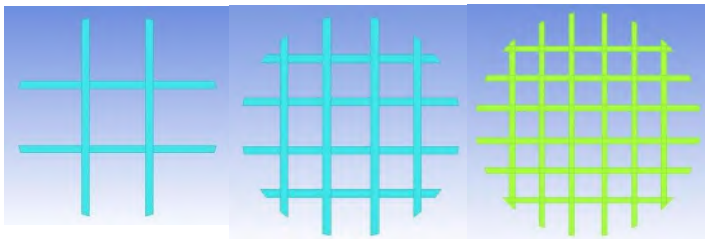
$$\begin{aligned}\Theta &= \tan^{-1} \frac{P/D}{0.7\pi} \\ &= \tan^{-1} (0.553/(0.7 \times 3.14)) \\ &= 14.02\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}T &= (F_{\text{lift}} \cos\Theta - F_{\text{drag}} \sin\Theta) \\ &= (13480.43 \cos 14.02) - (55.6756 \sin 14.02) \\ &= 13049 \text{ N} \\ &= 13.049 \text{ kN}\end{aligned}$$

d. Perhitungan *Torque*

$$\begin{aligned}Q &= (F_{\text{lift}} \sin\Theta + F_{\text{drag}} \cos\Theta) \times r \\ &= ((13480.43 \sin 14.02) + (55.6756 \cos 14.02)) \times 0.355 \\ &= 1182.041 \text{ N} \\ &= 1.182041 \text{ kN}\end{aligned}$$



Gambar IV.5. Variasi Jumlah Kisi Pengaman

Data Hasil Perhitungan Tunnel Bow Thruster Tanpa Kisi Pengaman

Tabel IV.6 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Tanpa Kisi Pengaman

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jumlah Kisi	Putaran (rps)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
Tanpa Kisi	0	5	36590.6	0.3397	12429.83	147.62	50.14651

Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)
3024.51	0.3427	1036.5	16.4708	5.644543	13466.33	55.79106	14.02	13.03531	1.180864

Berdasarkan tabel di atas, nilai thrust yang dihasilkan oleh bow thruster dengan putaran 300 rpm adalah sebesar 13.035 kN. Dengan hasil tersebut, maka kebutuhan thrust bow thruster sesuai perhitungan yaitu 9.65 kN terpenuhi.

Tunnel Bow Thruster dengan Kisi Pengaman

Tabel IV.7 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman 10mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rps)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
10	4	5	36608.2	0.3397	12435.81	147.464	50.09352
10	8	5	36661.1	0.3397	12453.78	147.533	50.11696
10	12	5	36693.5	0.3397	12464.78	147.688	50.16961

Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)
3048.21	0.3427	1044.622	16.2885	5.582069	13480.43	55.67559	14.02	13.049	1.182041
3041.01	0.3427	1042.154	16.5575	5.674255	13495.93	55.79122	14.02	13.064	1.183418
3072.73	0.3427	1053.025	16.4518	5.638032	13517.81	55.80765	14.02	13.08519	1.185311

Tabel IV.8 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman 20mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rpm)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
20	4	5	36610.5	0.3397	12436.59	147.484	50.10031
20	8	5	36743.1	0.3397	12481.63	147.509	50.10881
20	12	5	36886.6	0.3397	12530.38	147.548	50.12206

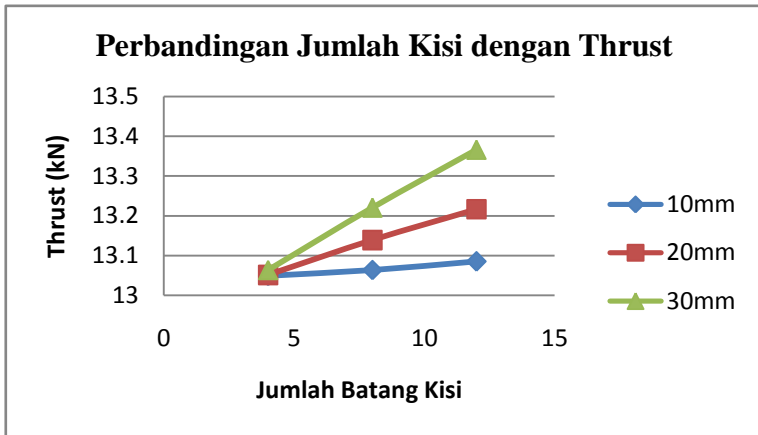
Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)
3053.53	0.3427	1046.445	16.7221	5.730664	13483.03	55.83098	14.02	13.05149	1.182319
3186.05	0.3427	1091.859	16.7124	5.727339	13573.49	55.83615	14.02	13.13914	1.190125
3276.92	0.3427	1123	16.3478	5.602391	13653.38	55.72445	14.02	13.21658	1.196978

Tabel IV.9 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman 30mm

Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jml Batang	Putaran (rpm)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
30	4	5	36639.6	0.3397	12446.47	147.649	50.15637
30	8	5	36887.7	0.3397	12530.75	147.766	50.19611
30	12	5	37094	0.3397	12600.83	147.817	50.21343

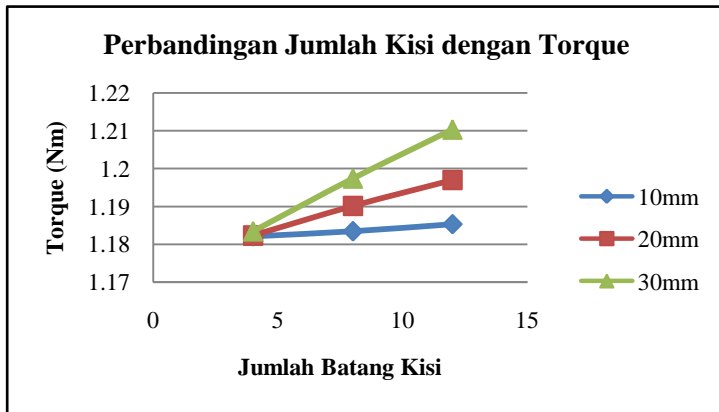
Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)
3061.51	0.3427	1049.179	16.4615	5.641356	13495.65	55.79772	14.02	13.06373	1.183397
3288.18	0.3427	1126.859	16.4713	5.644715	13657.61	55.84082	14.02	13.22066	1.197383
3522.32	0.3427	1207.099	16.2363	5.56418	13807.93	55.77761	14.02	13.36633	1.210328

Grafik Perbandingan Hasil Simulasi



Grafik IV.3. Perbandingan Jumlah Kisi Pengaman dengan *Thrust* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

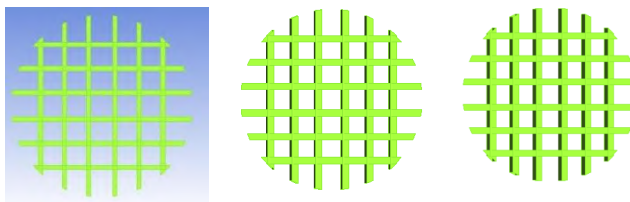
Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak dan tebal kisi pengaman, maka semakin meningkat pula *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan banyaknya jumlah batang kisi pengaman dapat mengarahkan air menuju *bow thruster* dengan baik. Dan kebutuhan *thrust bow thruster* untuk memutar kapal juga terenuhi.



Grafik IV.4. Perbandingan Jumlah Kisi Pengaman dengan *Torque* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Hal yang terjadi pada *thrust bow thruster* terjadi pula pada *torque bow thruster*. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak dan tebal kisi pengaman, maka semakin meningkat pula *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan banyaknya jumlah batang kisi pengaman dapat mengarahkan air menuju *bow thruster* dengan baik. Sehingga *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster* berbanding lurus dengan *torque* yang dihasilkan pula.

IV. 8 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Sudut Kisi Pengaman terhadap Performa *Bow Thruster*



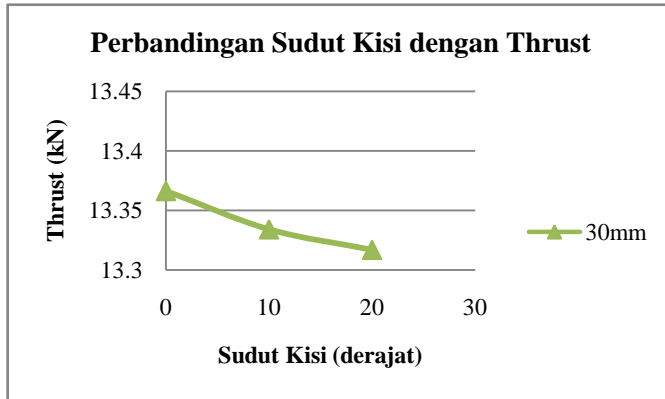
Gambar IV.6. Variasi Sudut Batang Kisi Pengaman

Berdasarkan perhitungan *thrust* dan *torque* akibat pengaruh jumlah kisi pengaman, maka didapatkan nilai terbaik yaitu pada kisi dengan ketebalan 30 mm dan dengan jumlah 12 batang. Berangkat dari nilai itu maka kisi dengan ketebalan 30 mm dan jumlah 12 batang akan disimulasikan lagi untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh apabila sudut batang dari kisi divariasikan. Berikut merupakan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

Tabel IV.10 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman dengan Variasi Sudut Batang Kisi Pengaman

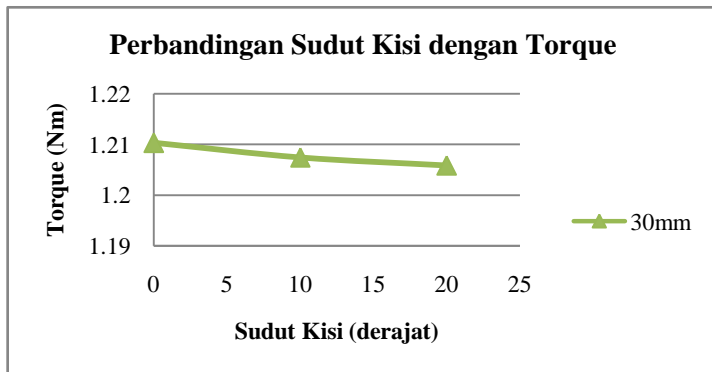
Tebal Kisi Pengaman (mm)	Sudut Kisi (derajat)	Putaran (rps)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
30	0	5	37094	0.3397	12600.83	147.817	50.21343
30	10	5	37099.4	0.3397	12602.67	147.84	50.22125
30	20	5	37076.1	0.3397	12594.75	147.772	50.19815

Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D θ	T (kN)	Q_{result} (kNm)
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)			
3522.32	0.3427	1207.099	16.2363	5.56418	13807.93	55.77761	14.02	13.36633	1.210328
3420.49	0.3427	1172.202	16.132	5.528436	13774.87	55.74968	14.02	13.3343	1.207467
3391.55	0.3427	1162.284	15.9397	5.462535	13757.04	55.66068	14.02	13.31704	1.205898



Grafik IV.5. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan *Thrust* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

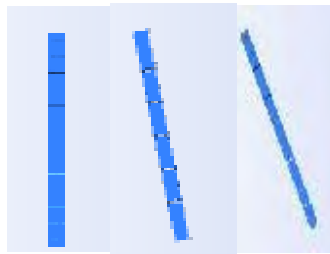
Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar atau miring sudut batang kisi pengaman, maka semakin berkurang pula *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster*.



Grafik IV.6. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan *Torque* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Sama halnya dengan grafik pengaruh sudut batang terhadap *thrust*, semakin besar atau miring sudut batang kisi pengaman maka semakin kecil pula *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster*. Namun, meskipun turun masih memenuhi kebutuhan *thrust* bow thruster yang diinginkan.

Setelah sudut batang kisi pengaman yang divariasikan, hal berikutnya adalah variasi kemiringan sudut dari kisi pengaman itu sendiri terdapat vertikal.

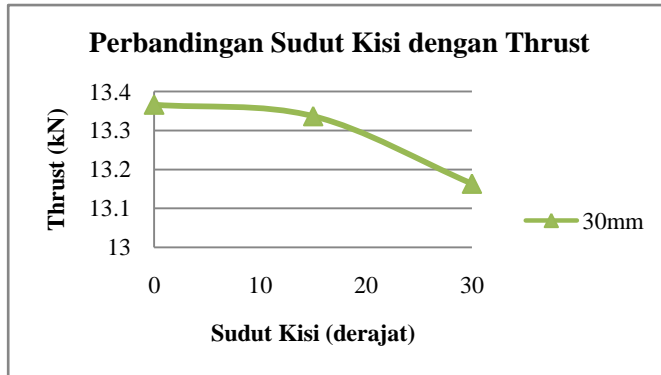


Gambar IV.7. Variasi Sudut Kisi Pengaman

Tabel IV.11 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman dengan Variasi Sudut Kisi Pengaman

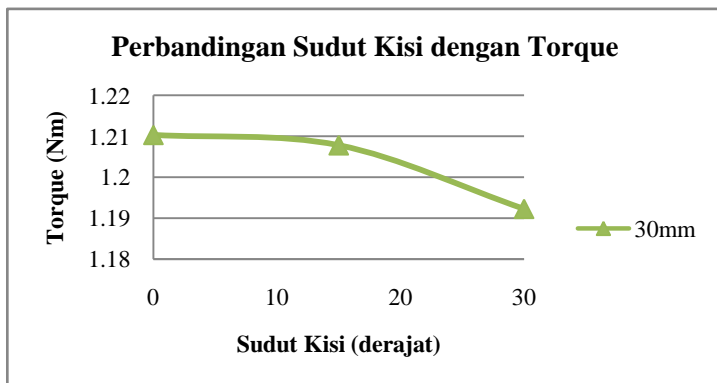
Tebal Kisi Pengaman (mm)	Sudut Kisi (derajat)	Putaran (rps)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
30	0	5	37094	0.3397	12600.83	147.817	50.21343
30	15	5	37051.5	0.3397	12586.39	147.776	50.19951
30	30	5	36826.6	0.3397	12510	147.802	50.20834

Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D θ	T (kN)	Q_{result} (kNm)
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)			
3522.32	0.3427	1207.099	16.2363	5.56418	13807.93	55.77761	14.02	13.36633	1.210328
3476.19	0.3427	1191.29	16.8125	5.761644	13777.68	55.96115	14.02	13.33698	1.207782
3177.02	0.3427	1088.765	16.0774	5.509725	13598.76	55.71806	14.02	13.16366	1.192264



Grafik IV.7. Perbandingan Sudut Kisi Pengaman dengan *Torque* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa, semakin besar atau miring kisi pengaman terhadap garis vertikalnya, maka semakin berkurang pula *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster*. Sehingga, diharapkan sebisa mungkin posisi kisi pengaman tidak terlalu miring dari garis vertikalnya agar tidak mengurangi *thrust* dari *bow thruster*.

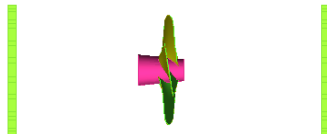


Grafik IV.8. Perbandingan Sudut Batang Kisi Pengaman dengan *Torque* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Jika dilihat dari grafik di atas, dikarenakan *thrust* dan torque berbanding lurus, maka semakin miring posisi kisi pengaman terhadap garis vertikalnya semakin kecil pula *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster*.

IV. 9 Perhitungan Hasil Simulasi CFD Pengaruh Posisi Kisi Pengaman terhadap Performa *Bow Thruster*

Selain banyaknya batang kisi pengaman dan sudut batang kisi pengaman maupun sudut kisi pengaman, ternyata posisi dari kisi pengaman juga mempengaruhi. Berikut merupakan sejauh mana pengaruh kisi pengamana terhap performa dari bow thruster.

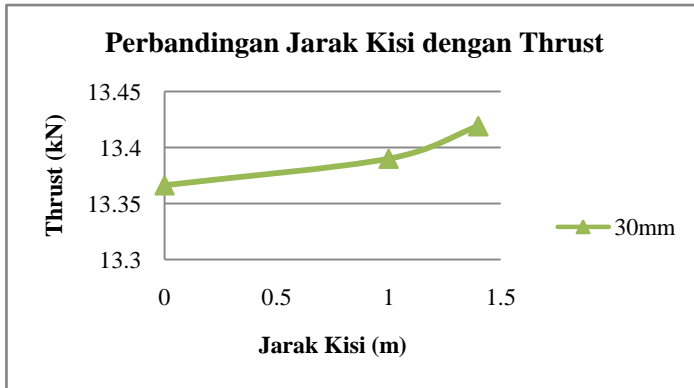


Gambar IV.8. Posisi Kisi Pengaman Terhadap *Bow Thruster*

Tabel IV.12 Hasil Perhitungan *Thrust* dan *Torque* Kisi Pengaman dengan Variasi Posisi Kisi Pengaman

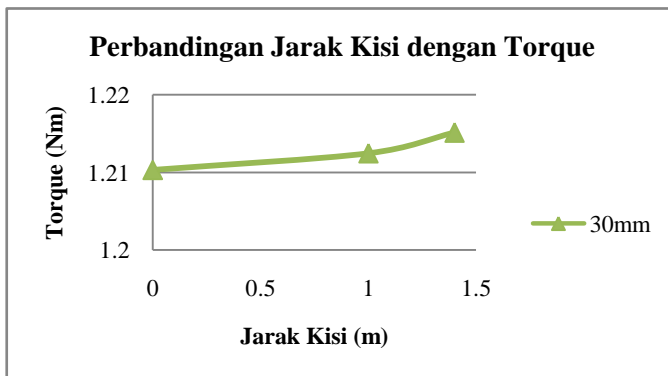
Tebal Kisi Pengaman (mm)	Jarak Kisi (m)	Putaran (rps)	Face				
			P_{face}	A	F_{face}	τ_{face}	$F_{face-drag}$
			(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)
30	0	5	37094	0.3397	12600.83	147.817	50.21343
30	1	5	37101.9	0.3397	12603.52	147.817	50.21343
30	1.4	5	37096	0.3397	12601.51	147.931	50.25216

Back					F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}
P_{back}	A	F_{back}	τ_{back}	$F_{back-drag}$					
(Pa)	(m ²)	(N)	(Pa)	(N)	(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)
3522.32	0.3427	1207.099	16.2363	5.56418	13807.93	55.77761	14.02	13.36633	1.210328
3586.09	0.3427	1228.953	16.3792	5.613152	13832.47	55.82659	14.02	13.3901	1.212462
3679.33	0.3427	1260.906	16.8918	5.78882	13862.42	56.04098	14.02	13.41906	1.215119



Grafik IV.9. Perbandingan Posisi Kisi Pengaman dengan *Thrust* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa semakin kisi pengaman mendekat kepada *bow thruster*, maka semakin besar pula *thrust* yang dihasilkan. Namun, dengan bertambahnya *thrust* maka tidak harus kisi pengaman diletakkan sedekat mungkin dengan *bow thruster*, hal ini dikarenakan ada factor- factor lain yang nantinya akan berkurang jika kisi pengaman dekat dengan *bow thruster*.



Grafik IV.10. Perbandingan Posisi Kisi Pengaman dengan *Torque* yang Dihasilkan *Bow Thruster*

Sama halnya dengan *thrust*, maka semakin dekat kisi pengaman maka semakin besar pula *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster*.

IV. 10 Pengaruh Kisi Pengaman terhadap Tahana Kapal

Selain berpengaruh terhadap performa bow thruster yaitu thrust dan torque yang dihasilkan bow thruster, ternyata kisi pengaman juga berpengaruh terhadap tahanan kapal. hal ini dikarenakan dengan penambahan *bow thruster* yang mana diameter dari tabung dan lambung yang terbuka akibat tunnel dari *bow thruster* serta efisiensi *thruster* yang tinggi akan menambah tahanan kapal terutama saat kapal bergerak (*John, L. Beveridge, 1972*). Sehingga dengan adanya kisi pengaman diharapkan dapat mengurangi tahanan kapal akibat penambahan tunnel pada lambung kapal. Dengan menggunakan metode computational fluid dynamic (CFD), berikut merupakan penjelasan sejauh mana pemberian kisi pengaman mempengaruhi terhadap tahanan kapal.

Berdasarkan simulasi dengan menggunakan CFD dengan kecepatan kapal 12 knots didapatkan hasil yaitu:

- Tahanan kapal sebelum lambung dilubangi adalah sebesar 42977.2 N atau 42.9772 kN.
- Sedangkan tahanan kapal setelah kapal dilubangi untuk menempatkan *tunnel bow thruster* adalah sebesar 47984.7 N atau 47.9847 kN. Dari hasil tersebut sudah dapat dilihat dengan penambahan lubang maka tahanan yang dihasilkan kapal ketika melaju dengan kecepatan 12 knot semakin bertambah.
- Dengan bertambahnya tahana kapal, maka salah satu untuk mengurangi tahanan tersebut adalah penambahan

kisi pengaman. Berikut merupakan pengaruh kisi pengaman terhadap tahanan kapal.

Tabel IV.13 Pengaruh Jumlah Kisi Pengaman terhadap Tahanan Kapal

No.	Tebal Kisi (mm)	Jumlah kisi	Tahanan Kapal (N)	Tahanan Kapal (kN)
1	30	4	47945.7	47.9457
2		8	47178.4	47.1784
3		12	46450.5	46.4505

Dari tabel di atas dapat dilihat dengan adanya kisi pengaman dan semakin banyak kisi pengaman, tahanan yang dihasilkan juga semakin berkurang. Meskipun selisih dari tahanan kapal tanpa kisi kecil, namun setidaknya dapat mengurangi tahanan. Apabila ingin tahanan berkurang semakin banyak selain dengan penambahan kisi dapat dilakukan pula modifikasi lambung di sekitar tunnel bow thruster.

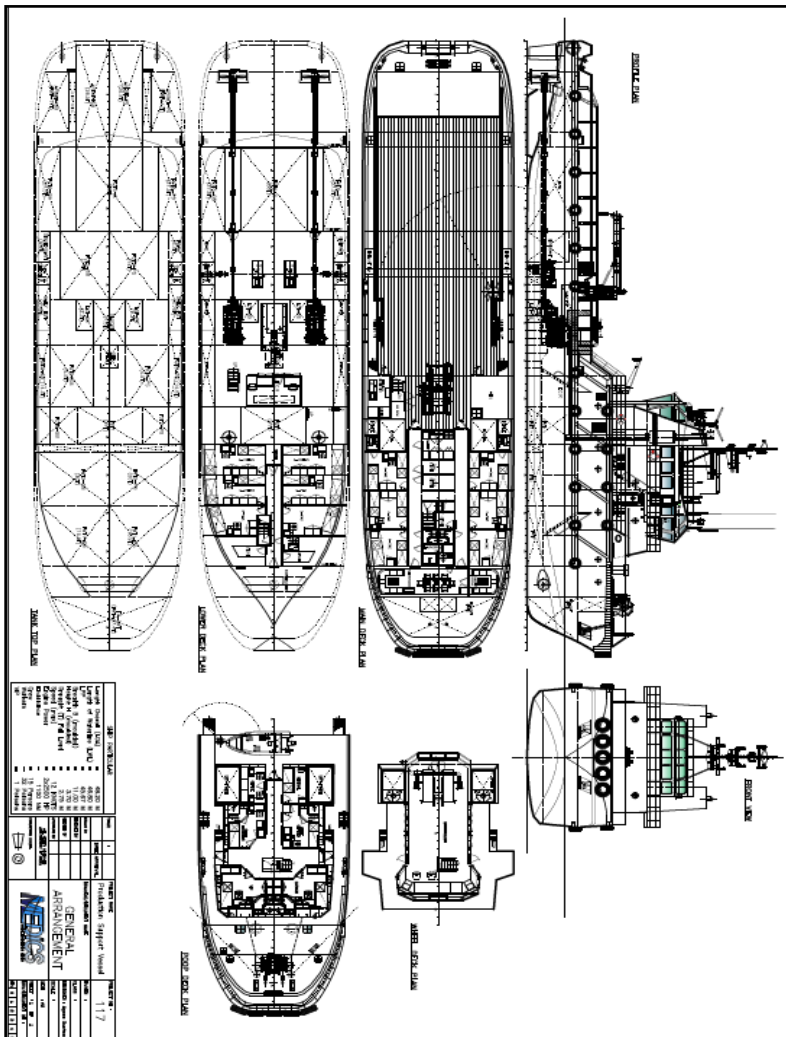
- Dari ketiga variasi pada tabel, didapatkan pengurangan tahanan paling banyak yaitu pada kisi pengaman dengan tebal 30mm dan jumlah batang 12. Dari kisi ini akan dilakukan percobaan lagi bagaimana pengaruh sudut batang kisi pengaman terhadap tahanan kapal.

Tabel IV.14 Pengaruh Sudut Kisi Pengaman terhadap Tahanan Kapal

No.	Tebal Kisi (mm)	Sudut Kisi (derajat)	Jumlah Kisi	Tahanan Kapal (N)	Tahanan Kapal (kN)
1	30	0	12	46450.5	46.4505
2		10	12	46405	46.405
3		20	12	46342	46.342

Jika dilihat dari tabel di atas, apabila ketika kapal melaju dengan kecepatan 12 knots dan posisi kisi sudut pengaman semakin miring, maka semakin berkurang pula tahanan kapal yang dihasilkan

KAPAL YANG DIGUNAKAN



SPESIFIKASI BOW THRUSTER

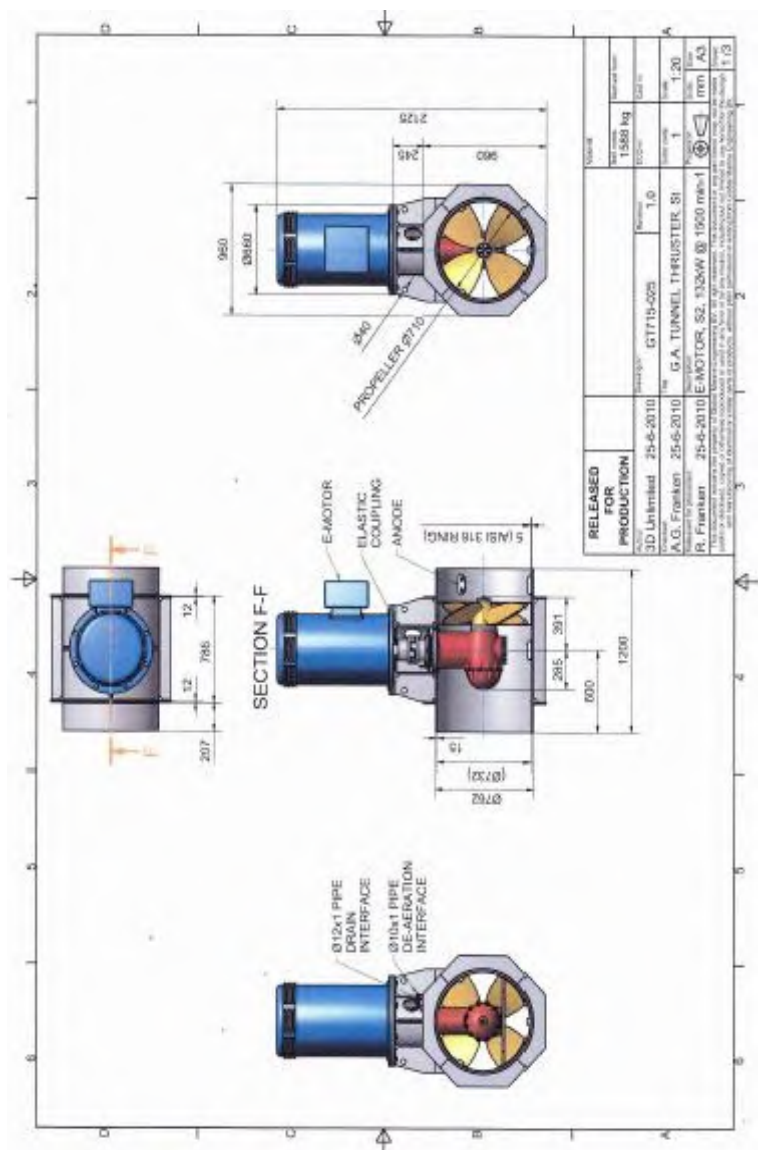
Bow Thruster Technical Specifications

1 set of ~2.0 Ton E-Motor driven FPP Bow Thruster with Step-less Joystick Control

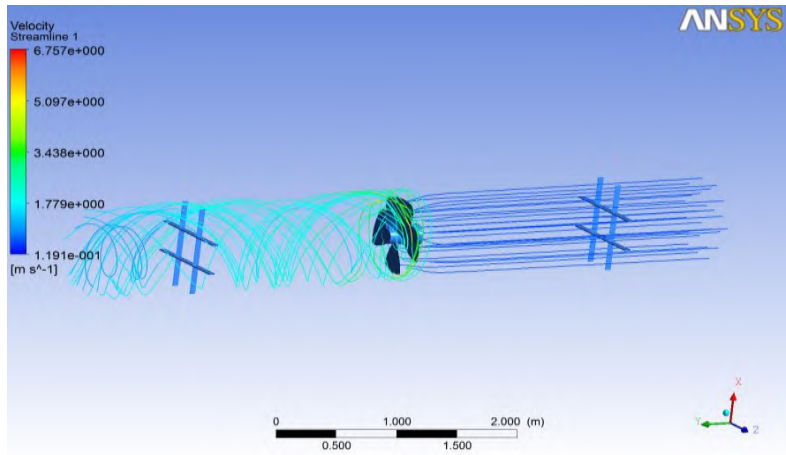
Model:	GT715
Rating:	132KW – S2 Duty (30mins)
Power:	415V – 3phase – 50Hz

Consist of the following:

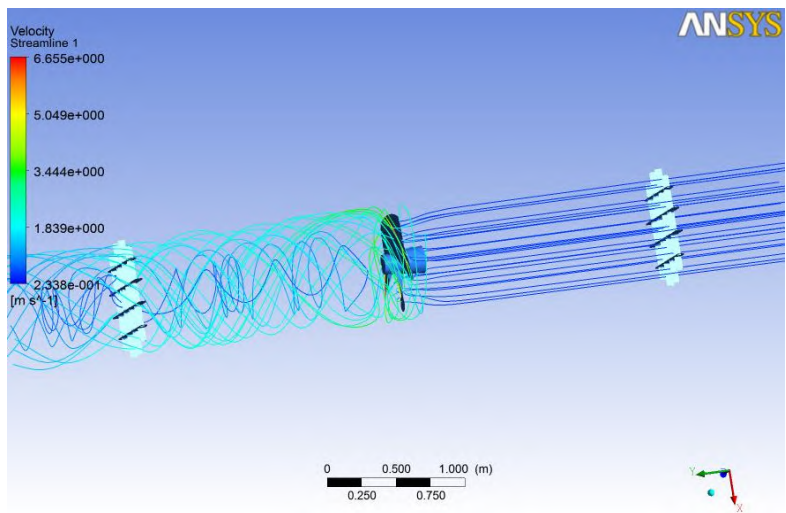
- Nodular cast iron Vertical thrusters unit with internal bevel gears, acc. to Klingelnberg gear cutting and ample roller bearings.
- 4 blade propeller diameter approximate $\pm 715\text{mm}$
- Marine Grade A Steel Tunnel Tube,
- Length: 1500mm
- Outer Diameter approximate: $\pm 762\text{mm}$
- Wall thickness: 15mm
- Expansion oil tank for over pressure in the gear housing, including filter cap, sight glass, alarm contact switch for low oil level (Loose supply and to be mounted approximate 2m above full load waterline)
- Electric Motor – fan cooling – IP21 132Kw – S2 duty
- Motor foundation for Electric Motor (c/w securing bolts and nuts)
- Elastic coupling between motor shaft and thruster shaft



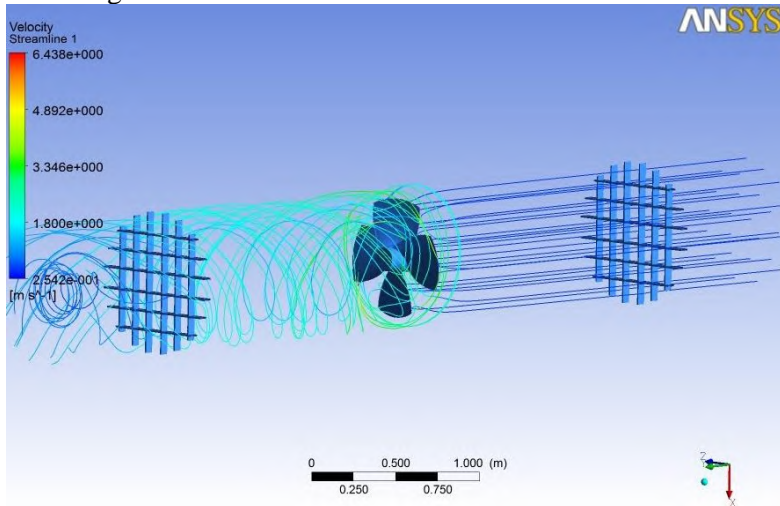
Kisi Pengaman 10mm 4 Batang



8 Batang

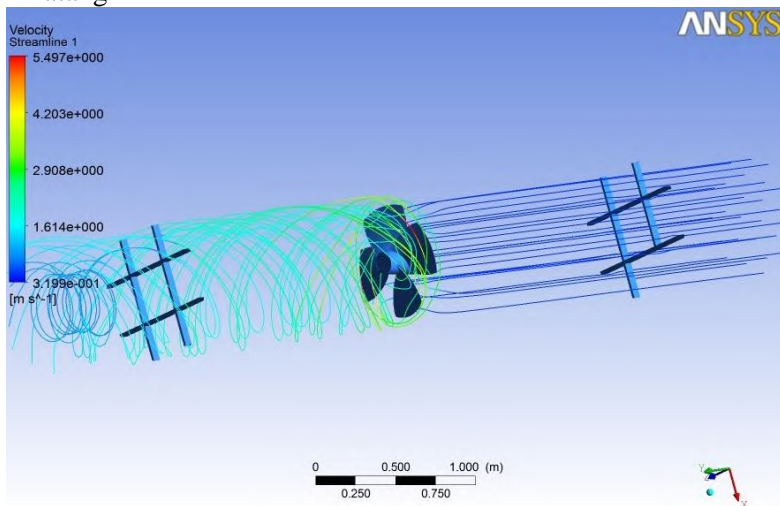


12 Batang

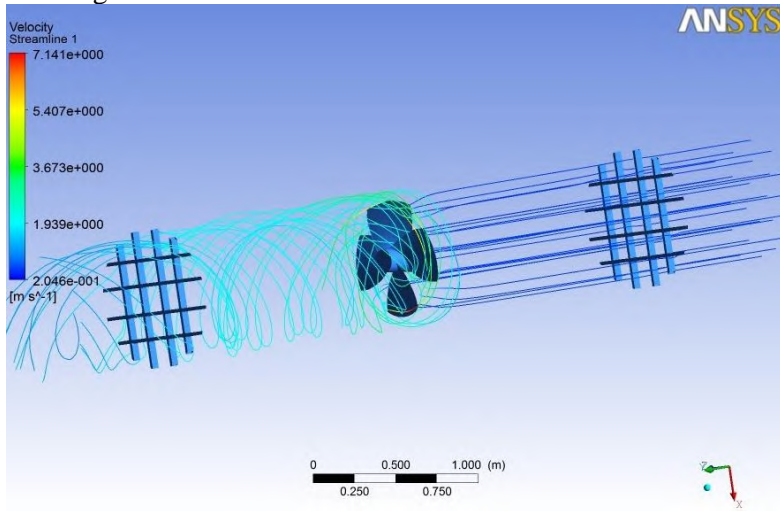


Kisi Pengaman 20mm

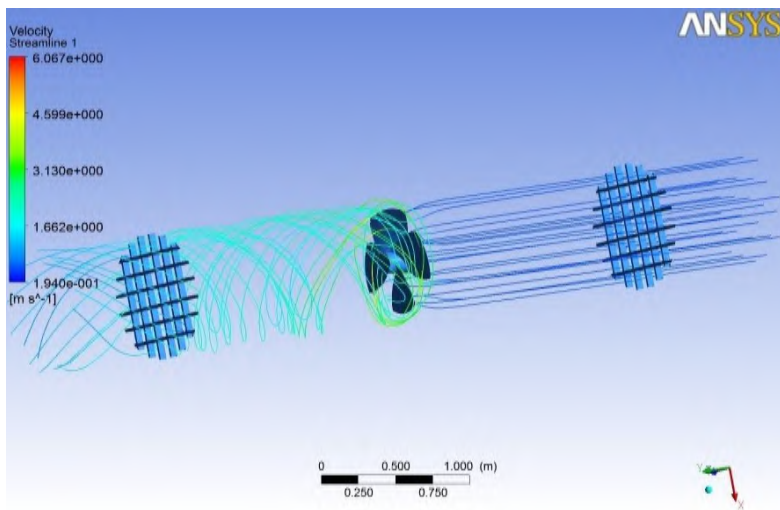
4 Batang



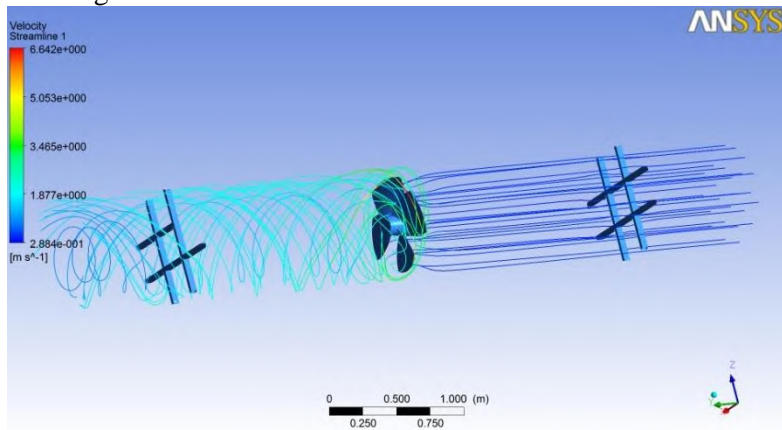
8 Batang



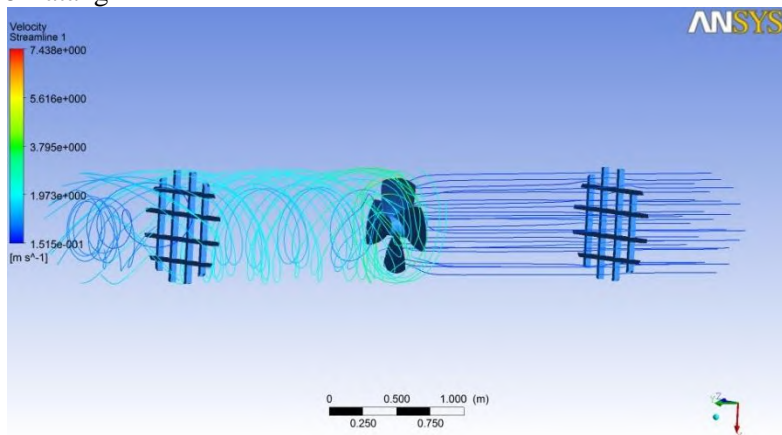
12 Batang



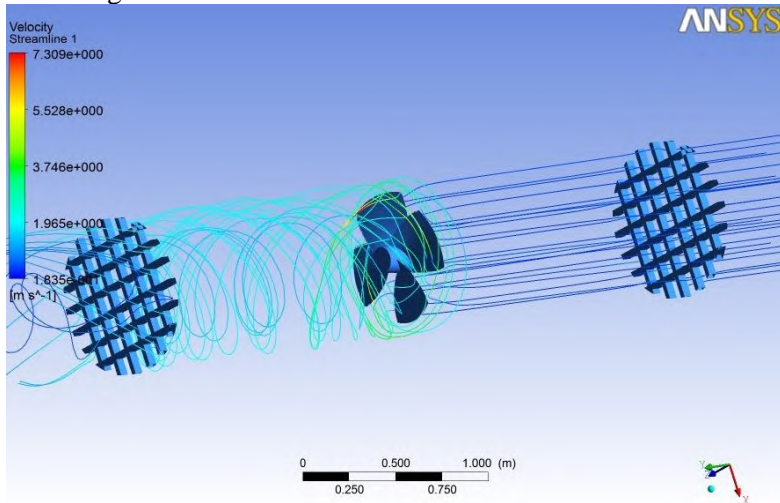
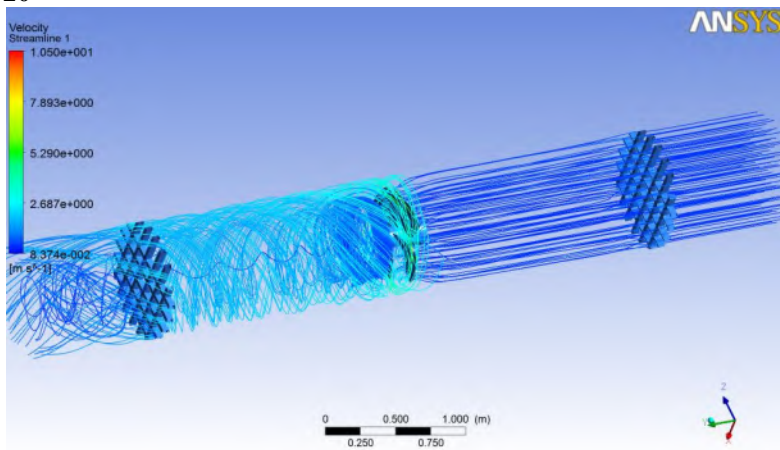
Kisi Pengaman 30mm 4 Batang



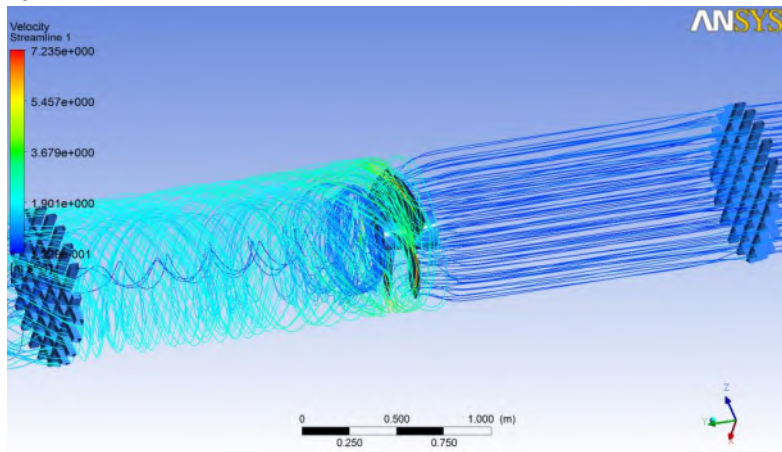
8 Batang



12 Batang

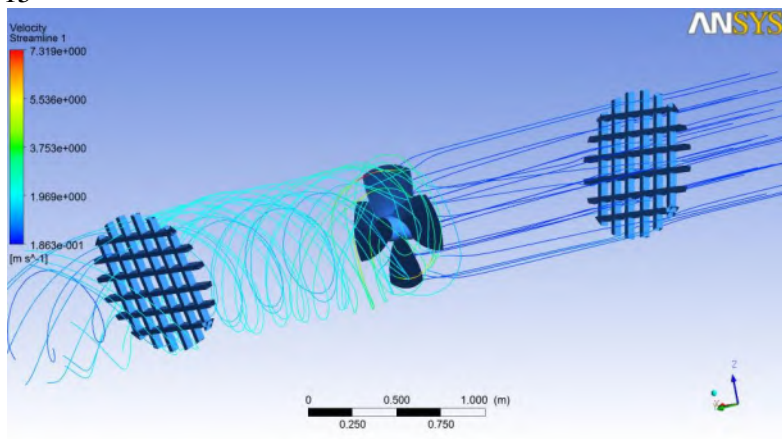
**Sudut Batang Kisi Pengaman 30mm**
10°

20°

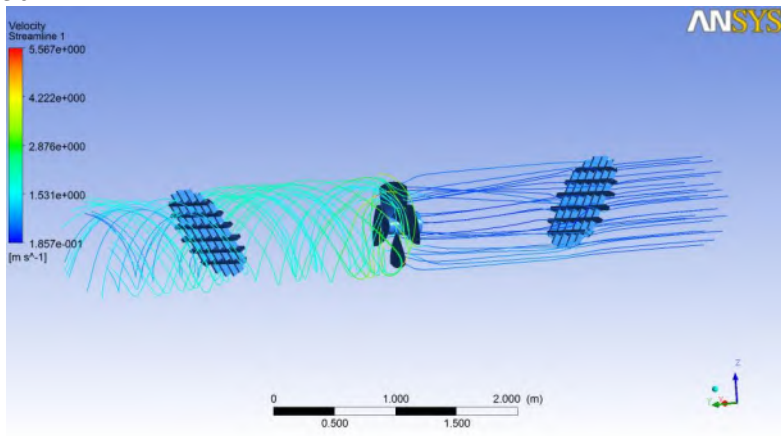


Sudut Kisi Pengaman

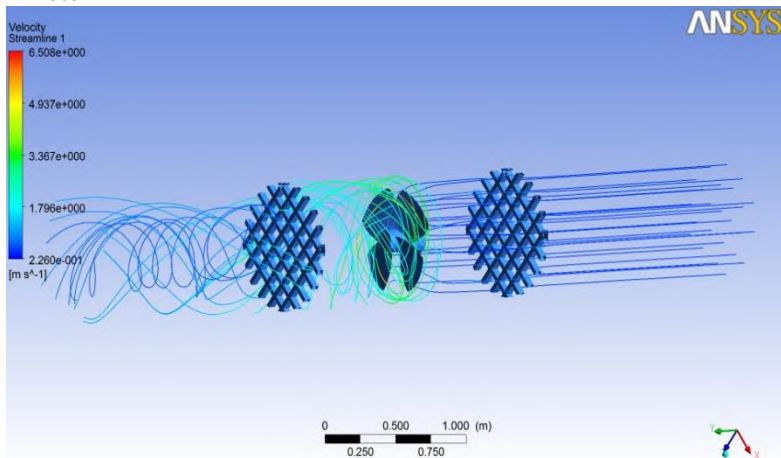
15°



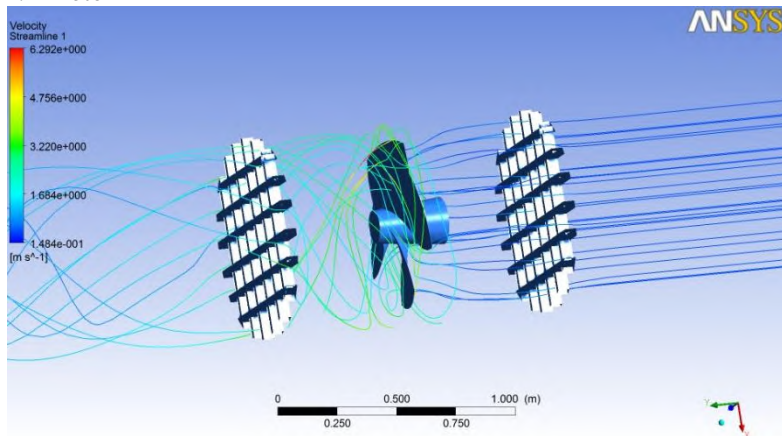
30°



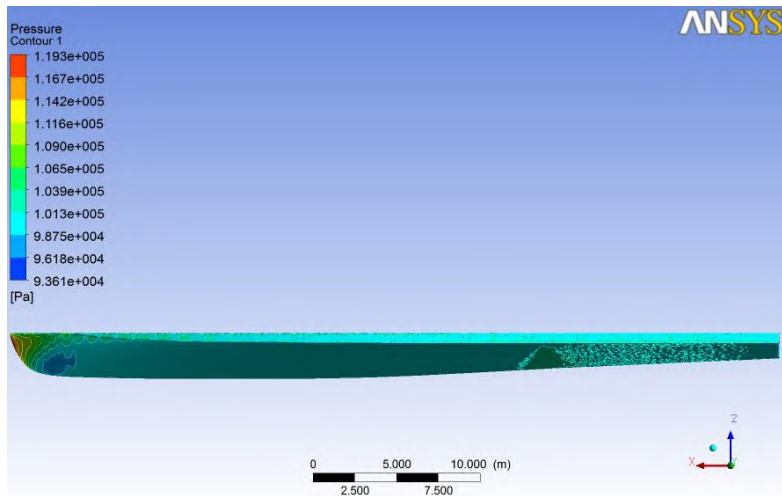
Posisi Kisi Pengaman Terhadap Bow Thruster 1 meter



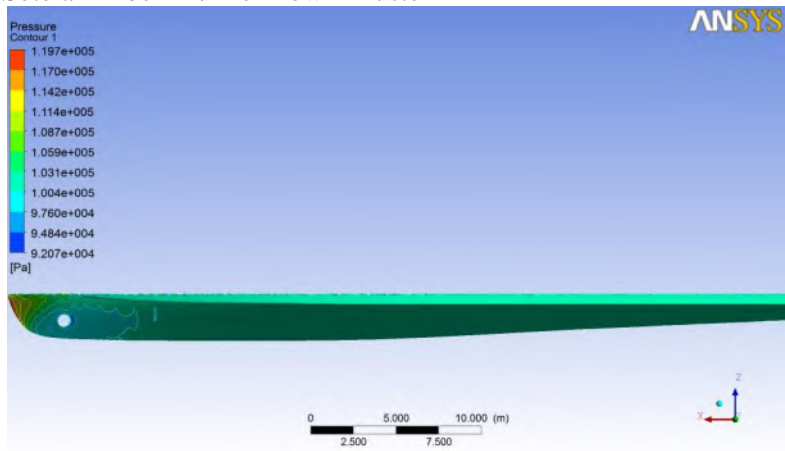
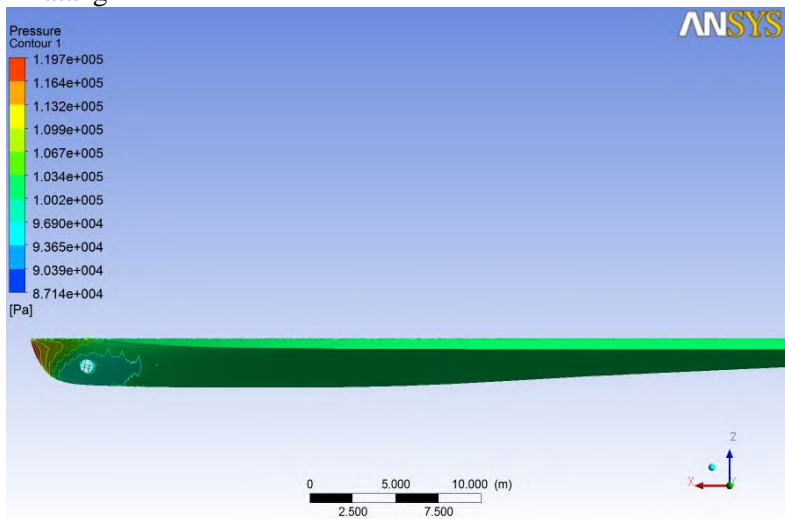
1.4 meter



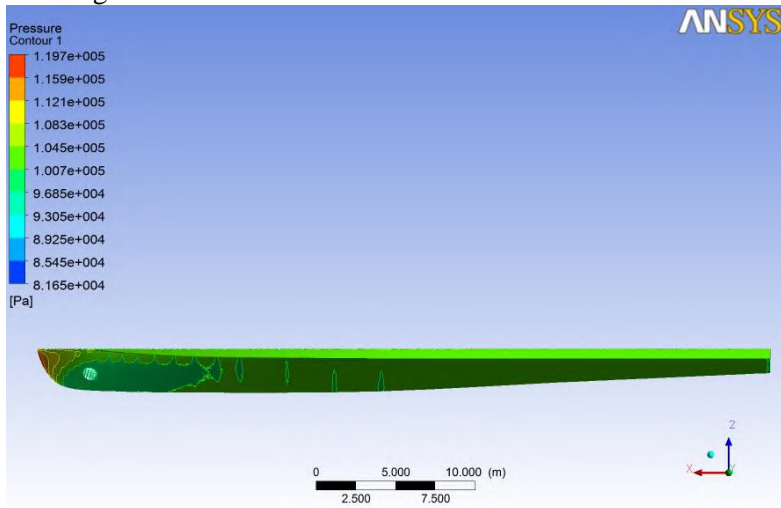
Tahanan Kapal Sebelum Diberi *Tunnel Bow Thruster*



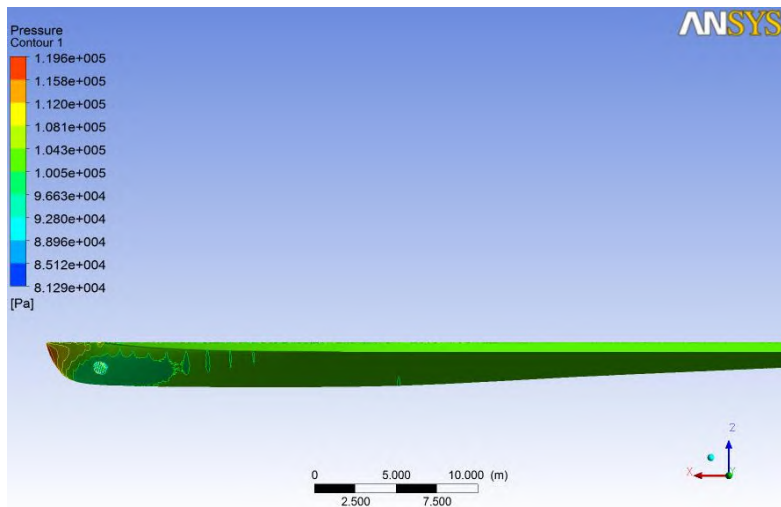
Setelah Diberi Tunnel Bow Thruster

Tahanan Kapal dengan Kisi Pengaman 30mm
4 Batang

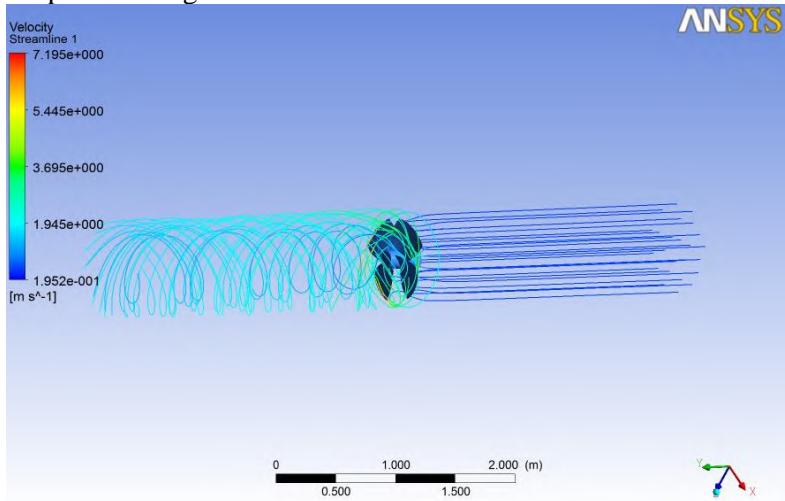
Tahanan Kapal dengan Kisi Pengaman 30mm 8 Batang



Tahanan Kapal dengan Kisi Pengaman 30mm 12 Batang



Tanpa Kisi Pengaman



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Tugas akhir ini merupakan sebuah simulasi untuk mengetahui pengaruh kisi pengaman terhadap performa bow thruster dan tahanan kapal. adapun variasi yang dilakukan pada kisi pengaman yaitu variasi jumlah batang, tebal dan sudut.

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan simulasi menggunakan CFD dan hasil perhitungan, dapat dilihat bahwa:
 - semakin banyak jumlah batang kisi pengaman maka semakin naik pula *thrust* dan *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster*. Hal ini dapat dilihat pada kisi pengaman dengan tebal 10mm dan sebanyak 4 batang dapat menghasilkan *thrust* sebesar 13.049 kN dan *torque* 1.1820 kNm sementara kisi dengan jumlah 12 batang dengan tebal yang sama dapat menghasilkan *thrust* sebesar 13.085 kN dan *torque* sebesar 1.1853 kNm.
 - Dengan jumlah yang sama semakin tebal kisi pengaman, maka *thrust* dan *torque* yang dihasilkan pun akan semakin bertambah. Contohnya yaitu kisi dengan tebal 10mm dan jumlah batang kisi pengaman sebanyak 4 hanya menghasilkan *thrust* sebesar 13.049 kN dan *torque* sebesar 1.1820 kNm, sementara kisi pengaman dengan tebal 30mm dapat meningkatkan *thrust* yang dihasilkan *bow thruster*, yaitu dengan *thrust* yang dihasilkan sebesar 13.064 kN dan *torque* sebesar 1.2103 kNm.
 - Dari tebal dan jumlah kisi pengaman didapatkan yang terbaik yaitu kisi pengaman dengan tebal

- 30mm dan jumlah batang kisi pengaman sebanyak 12 batang yaitu dengan nilai *thrust* sebesar 13.366 kN dan *torque* sebesar 1.2103 kNm.
 - Dari hasil yang terbaik yaitu kisi dengan tebal 30mm dan sebanyak 12 batang, maka kisi tersebut divariasikan sudut baik itu sudut batang maupun sudut dari kisi pengaman itu sendiri. Namun, dilihat dari hasil simulasi dan perhitungan semakin besar sudut maka *thrust* dan *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster* semakin berkurang. Contohnya jika dengan sudut 0^0 *thrust* yang dihasilkan oleh *bow thruster* sebesar 13.366 kN dan *torque* sebesar 1.2103 kNm. Sementara jika sudutnya ditambah menjadi 30^0 *thrust* yang dihasilkan *bow thruster* sebesar 13.164 kN dan *torque* sebesar 1.1922 kNm.
 - Selain hal-hal di atas, posisi dari kisi pengaman juga mempengaruhi performa *bow thruster*, semakin kisi pengaman mendekat, maka semakin meningkat pula *thrust* dan *torque* yang dihasilkan oleh *bow thruster*.
2. Sementara itu kisi pengaman juga mempengaruhi tahanan kapal. semakin banyak kisi pengaman batang kisi pengaman, tahanan yang dihasilkan oleh kapal juga berkurang. Namun, pengaruh dari kisi pengaman tidak terlalu signifikan, seperti jika kapal tanpa kisi pengaman tahanannya sebesar 47.9847 kN dan jika diberi kisi pengaman dengan jumlah batang 12 batang tahanan yang dihasilkan kapal sebesar 46.4505 kN. Dan jika batang kisi pengaman pun dirubah sudutnya juga dapat mengurangi tahanan, namun juga tidak signifikan. Tahanan yang dihasilkan untuk batang kisi pengaman yang diberi sudut 20^0 adalah sebesar 46.34 kN.

V.2. Saran

Tidak ada yang sempurna di dunia ini, begitu juga dengan hasil simulasi yang telah dilakukan ini. Namun, demi tercapainya hasil yang lebih baik untuk simulasi – simulasi selanjutnya, berikut merupakan saran – saran untuk simulasi selanjutnya:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk posisi kisi pengaman terhadap *bow thruster*. Hal ini dikarenakan meskipun semakin dekat kisi pengaman terhadap *bow thruster thrust* dan *torque* yang dihasilkan semakin besa, namun untuk getaran yang dihasilkan oleh *bow thruster* juga perlu diperhatikan.
2. Selain itu dalam setiap simulasi jangan lupa untuk mengecek *meshing* dari model yang kita gambar, dan juga iterasi yang dipakai. Karena jika semakin banyak, hasil yang didapatkan juga mendekati benar.
3. Untuk tahanan kapal, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, karena jika hanya mengandalkan kisi pengaman tahanan kapal akan turun tidak terlalu signifikan, sehingga perlu dilakukan pemodelan lebih lanjut pada sekitar bukaan *tunnel bow thruster* untuk memaksimalkan agar tahanan kapal dapat berkurang lebih signifikan lagi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. **Beveridge, John L.** *Design and Performance of Bow Thruster*. Washington D.C : Department of The Navy Naval Ship Research and Development Center, 1971.
- [2]. **Nienhuis, U.** *Analysis of Thruster Effectivity for Dynamic Positioning and Low Speed Manoeuvring*. Vrijdag : Technische University Delf, 1992.
- [3]. **Doorn, Rory van.** *Bow Thruster Currents at Open Quay Construction on Piles*. Rotterdam : s.n., 2012.
- [4]. **Carlton, John.** *Marine Propellers and Propulsion Second Edition*. Burlington : Elsevier Ltd., 2007.
- [5]. **Lewis, Edward V.** *Principle of Naval Architecture Second Revision*. Jersey City, NJ : The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1988.
- [6]. *Investigation the Fundamental Characteristics and Operating Performances of Side Thruster*. **Taniguchi, K.** 1966.
- [7]. *Further Consideration in the Design of Lateral Thrust Unit*. **English, J.W.** s.l. : International Shipbuilding Progress, 1966, Vol. 13.
- [8]. *Resistance & Propulsion Modul II: Komponen Tahanan Kapal*. **S.W.Adjie.** Surabaya : s.n., 2009.
- [9]. **Harvald, S.A.** *Resistance and Propulsion of Ship*. Surabaya : Airlangga University Press, 1983.
- [10]. *Modul Pelatihan CFD*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lumajang, Jawa Timur, pada tanggal 16 Agustus 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Terlahir dengan nama Uswatul Chasanah dari pasangan La Idi dan Rokhimah. Riwayat pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SDN Karangbendo 1 Lumajang, SMPN 1 Sukodono Lumajang, SMAN 2 Lumajang. Setelah lulus dari SMA tahun 2012, penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi. Diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jenjang Strata I (S1). Penulis mengambil konsentrasi bidang keahlian Marine Manufacturing and Design (MMD). Selama perkuliahan, penulis aktif pada kegiatan yang sifatnya akademis dan non akademis. Penulis aktif di organisasi tingkat Fakultas (BEM-F) sebagai Bendahara II Kabinet periode 2013-2014 dan Anggota Departemen Sosial Masyarakat periode 2014-2015. Penulis juga aktif di berbagai kegiatan seminar dan pelatihan bertaraf nasional maupun internasional. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Antakesuma Inti Raharja.

Uswatul Chasanah

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS

Uswatulchasanah16@gmail.com